



Universidad
Carlos III de Madrid

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL EN
ELECTRICIDAD**

MEJORA DE LAS INSTALACIONES DE SEGURIDAD EN LA LÍNEA C5 DE CERCANÍAS

AUTOR: José Daniel Muñoz Martínez

TUTORA: M^a. Ángeles Moreno López de Saá

Leganés, 8 de octubre de 2009

ÍNDICE

CAPÍTULO I OBJETO DEL PROYECTO. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	3
1. OBJETO DEL PROYECTO. SOLUCIÓN ADOPTADA	5
1.1. CONCEPTOS BÁSICOS	5
1.1.1. ¿Qué es la señalización?.....	5
1.1.2. La seguridad en el movimiento de los trenes	5
1.1.3. Elementos fundamentales de un sistema de señalización	6
1.2. SOLUCIÓN ADOPTADA. INSTALACIONES A PROYECTAR.....	14
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	16
1.3.1. Enclavamientos y bloqueos	16
1.3.2. Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.).....	18
1.3.3. Circuitos de vía.....	18
1.3.4. Suministro de energía.....	19
1.3.5. Sistema LZB	19
1.3.6. Percha para el tendido de cables.....	19
CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES A REALIZAR.....	21
2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES A REALIZAR	23
2.1. UBICACIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES	23
2.2. TOMA DE DATOS.....	24
2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES	25
2.3.1. Instalaciones de Seguridad y Comunicaciones	25
2.3.2. Bloqueos.....	28
2.3.3. Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.).....	29
2.3.4. Conducción automática-LZB.....	29
2.4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES A REALIZAR	29
2.4.1. Enclavamientos y Bloqueos.....	32
2.4.2. Equipamiento de circuitos de vía.....	35
2.4.3. Elementos de campo	38
2.4.4. Control de Tráfico Centralizado	40
2.4.5. Sistema LZB	41
2.4.6. Telefonía de explotación.....	41
2.4.7. Obra civil. Red de zanjales y canalizaciones.....	42
2.4.8. Tendido de cables y cajas de terminales	42
2.4.9. Levantes, desmontajes y traslados	44
2.4.10. Ingeniería y pruebas	45
2.4.11. Plan de puesta en servicio.....	45
CAPÍTULO III CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	47
3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	49

3.1.	RED DE CABLES Y CAJAS DE TERMINALES	49
3.2.	CÁLCULO DEL NÚMERO DE BASTIDORES DE CIRCUITOS DE VÍA.....	52
3.3.	CÁLCULO DEL NÚMERO DE TARJETAS DE LOS ENCLAVAMIENTOS.....	53
3.4.	CÁLCULOS DE POTENCIA	58
3.4.1.	Potencia de las instalaciones de seguridad y comunicaciones	58
3.4.2.	Potencia auxiliar y local.....	59
3.5.	CAPTACIÓN DE INFORMACIONES PARA EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN AUTOMÁTICA LZB.....	63
3.5.1.	Descripción del interfaz de LZB.....	63
3.5.2.	Señales	63
3.5.3.	Agujas	63
3.5.4.	Indicaciones a proporcionar al sistema LZB.....	63
CAPÍTULO IV PLAN DE OBRA Y PRESUPUESTO		69
4.	PLAN DE OBRA. INTRODUCCIÓN	71
4.1.	TAREAS QUE COMPONEN EL PLAN DE OBRA	71
4.1.1.	Replanteo y planificación	71
4.1.2.	Acopio de materiales	71
4.1.3.	Ingeniería de enclavamiento y bloqueo	71
4.1.4.	Obra civil. Zanjas, canalizaciones y perchas	72
4.1.5.	Tendido de cables y ejecución de empalmes.....	72
4.1.6.	Montaje de elementos de campo.....	72
4.1.7.	Conexionado de elementos de campo.....	72
4.1.8.	Suministro de energía	73
4.1.9.	Montaje de elementos de cabina.....	73
4.1.10.	Telemando, C.T.C. y LZB.....	73
4.1.11.	Pruebas y puesta en servicio de enclavamientos y bloqueos.....	73
4.2.	DIAGRAMA DE GANTT	78
4.3.	PRESUPUESTO	80
CAPÍTULO V CONCLUSIONES, NORMATIVA Y REFERENCIAS		85
5.	CONCLUSIONES, NORMATIVA Y REFERENCIAS	87
5.1.	CONCLUSIONES.....	87
5.2.	NORMATIVA	87
5.3.	REFERENCIAS	89
ANEXO PLANOS		91
6.	ÍNDICE DE PLANOS	93

CAPÍTULO I

OBJETO DEL PROYECTO. SOLUCIÓN ADOPTADA

1. OBJETO DEL PROYECTO. SOLUCIÓN ADOPTADA

El objeto del presente proyecto es el establecimiento del equipamiento, de los procesos constructivos, tanto técnicos como económicos, y la descripción de las instalaciones para posibilitar la ejecución de las obras del proyecto “*Mejora de las instalaciones de seguridad en la línea C5 de Cercanías*”. El proyecto abarca las estaciones de Embajadores, Laguna, Aluche y Cuatro Vientos atendiendo las siguientes necesidades:

- Incremento en la capacidad de la línea y regularidad en la circulación de trenes.
- Mejora de la seguridad y fiabilidad de las instalaciones.
- Racionalización en la explotación ferroviaria.
- Coordinar y sincronizar la ejecución de las obras manteniendo en todo momento la explotación de la línea y la seguridad de las circulaciones.

1.1. CONCEPTOS BÁSICOS

1.1.1. ¿Qué es la señalización?

Es el conjunto de todos los sistemas y soluciones de control ideados e instalados en una red ferroviaria con el fin de:

- Garantizar la seguridad en el movimiento de los trenes (seguridad).
- Permitir el control del movimiento de los trenes (control).
- Posibilitar la gestión del movimiento de los trenes (operación).

1.1.2. La seguridad en el movimiento de los trenes

El movimiento de trenes se basa en dos principios de seguridad fundamentales para la circulación:

- *“El sistema de señalización debe garantizar el establecimiento seguro de los itinerarios, la separación adecuada entre trenes para evitar colisiones y el mando con seguridad de las autorizaciones de movimiento” [1]:*

Este principio se aplica a todos los ferrocarriles y sistemas de transporte guiado con sistemas de señalización. Independientemente de que sean sistemas automáticos, semiautomáticos o manuales deberá informar al conductor y al puesto de control por medios visuales o electrónicos del estado de las señales o autorizaciones de movimiento.

- *“El sistema de señalización deberá continuar garantizando el paso seguro de trenes aún en condiciones degradadas” [1]:*

Este principio se aplica a todos los ferrocarriles y sistemas de transportes guiados con sistemas de señalización. El sistema de señalización debe ser capaz de garantizar el movimiento seguro en aquellos casos en que una parte del sistema falle o en los casos en los que un suceso externo o amenaza degradara el sistema de señalización.

1.1.2.1. Funcionamiento degradado

Las situaciones degradadas encierran riesgos. Para reducir estas situaciones los equipos de seguridad requieren tener alta fiabilidad y disponibilidad.

1.1.2.2. Seguro en caso de fallo (*Fail Safe*)

El sistema debe ser seguro ante fallos. Esta condición no significa que el sistema no pueda fallar sino que, ante los posibles fallos admisibles, debe reaccionar llevando el sistema a una condición más segura, es decir, debe proporcionar una condición segura para el movimiento de los trenes.

1.1.2.3. Seguridad funcional y seguridad técnica

- *“Seguridad funcional es la seguridad en las circulaciones y movimientos de trenes específicos del sistema ferroviario. Por ejemplo la parada ante señal en rojo, la incompatibilidad entre movimientos o itinerarios que pueden implicar riesgos de colisión” [1].*

- *“Seguridad técnica es la seguridad de los equipos para realizar las funciones que se les pide de forma segura” [1].*

1.1.3. Elementos fundamentales de un sistema de señalización

1.1.3.1. Señales

“Las señales son los elementos de la señalización lateral próximos a la vía que proporcionan al maquinista información visual de las particularidades del ferrocarril y en especial, y de forma muy importante, de las autorizaciones de movimiento, órdenes de marcha, parado o precaución que debe respetar. Constituyen un elemento fundamental para la seguridad de los trenes” [2].

A continuación se describen los diferentes tipos de señales en función de su tecnología:

- Señales luminosas convencionales (Figura 1):

Las diferentes administraciones ferroviarias han adoptado diferentes aspectos (colores), aunque siempre se ha utilizado el rojo como señal de parada y el amarillo como indicación de precaución.



Figura 1. Señales convencionales. Fuente: [3]

- Señales luminosas de diodos LEDs (Figura 2):

Como toda nueva tecnología, tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Frente a la gran ventaja de la duración de los diodos LEDs aparecen nuevos problemas derivados de su aplicación.

La primera cuestión ha sido redefinir los valores de intensidad luminosa y distancia de visibilidad de las señales LEDs. Admitiendo los mismos valores, es necesario definir cuando una señal de diodos LEDs se puede considerar que está fundida, es decir, que porcentaje de diodos tienen que fallar para considerar la lámpara fundida.



Figura 2. Señales LEDs. Fuente: [4]

De las características de una señal cabe destacar:

- El foco más bajo de la señal está a una altura de 4,20 metros, proporcionando una buena visibilidad para el maquinista (especialmente la del foco rojo que debe estar a la altura de los ojos del maquinista en la cabina).
- Los focos se montarán de forma independiente sobre una pantalla con fondo negro para una mejor visibilidad de los mismos.
- La señal dispone de una escalera (excepto si es de maniobra), imprescindible para todas las funciones de mantenimiento, limpieza y cambio de las lámparas al fundirse.

1.1.3.2. Agujas

Las agujas (Figura 3) se definen como “cada uno de los dos carriles móviles que, en los ferrocarriles y tranvías, sirven para que los vehículos vayan por una de las distintas vías que concurren en un punto” [5].



Figura 3. Aguja. Fuente: [3]

1.1.3.3. Circuitos de vía

Se denomina circuito de vía a cada uno de los tramos en que se divide la vía (cantones). Su función es permitir conocer la posición de los trenes en cada instante, garantizando así la separación entre ellos.

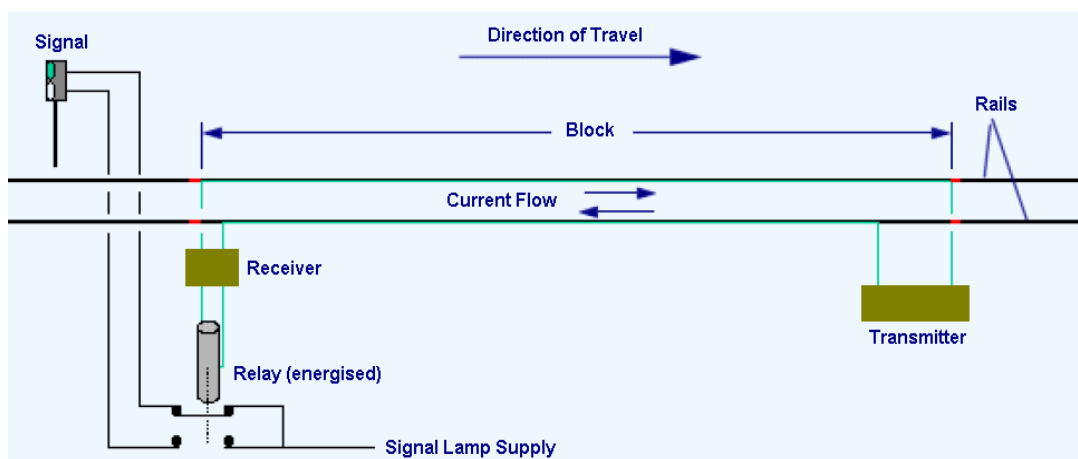
Sólo puede haber un tren por cantón en cada instante, es decir, ningún tren puede entrar en un cantón antes de que el tren precedente lo haya abandonado.

Los carriles son utilizados como conductores eléctricos y unen una fuente de energía eléctrica, situada en un extremo del circuito de vía, con un relé situado en el otro extremo.

El tramo de vía se limita mediante el corte de los carriles e instalando entre ellos unas juntas aislantes. Otra forma de delimitar los tramos es mediante sistemas de audiofrecuencia sin juntas mecánicas. En esta última los carriles no se cortan y cada tramo tendrá una banda de frecuencia distinta.

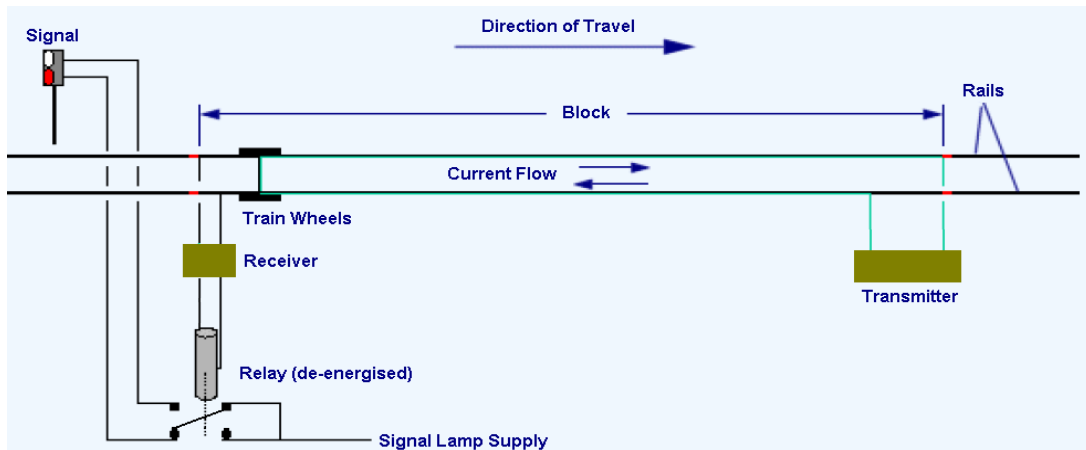
1.1.3.3.1. Principio de funcionamiento

Mientras no hay circulación en la sección de vía el relé está excitado (quedando cerrado) por la corriente de alimentación que circula por los carriles (*Esquema 1*).



Esquema 1. Circuito de vía libre. Fuente: [6]

Al entrar una circulación en la sección de vía, las ruedas cortocircuitan la alimentación con sus ejes y el relé se desexcita, quedando abierto su contacto de trabajo (Esquema 2).



Esquema 2. Circuito de vía ocupado. Fuente: [6]

1.1.3.4. Sistemas de señalización en cabina

El funcionamiento de la señalización lateral tiene una serie de limitaciones en el nivel de protección que proporciona al sistema ferroviario.

La información es presentada al maquinista a través de indicaciones luminosas que deben ser captadas y procesadas por él mismo. Esta capacidad de captación depende, no solo de la atención que el maquinista preste, sino también de otros factores como las condiciones de visibilidad en cada momento.

Además de estas limitaciones puramente físicas, el alto grado de prestaciones que se le pide al ferrocarril, hacen que las indicaciones luminosas que se tienen que dar al maquinista no se puedan presentar de forma sencilla y en muchos casos son insuficientes o no cubren todos los aspectos de la información que hay que transmitir.

La señalización lateral deja paso a una señalización en cabina que utilizando los mismos principios de ésta, la complementa y parcialmente la sustituye. Envía la información de forma más precisa y más detallada no sólo al maquinista sino también a los equipos embarcados de protección que realizan una supervisión de las funciones de seguridad actuando en caso necesario [7].

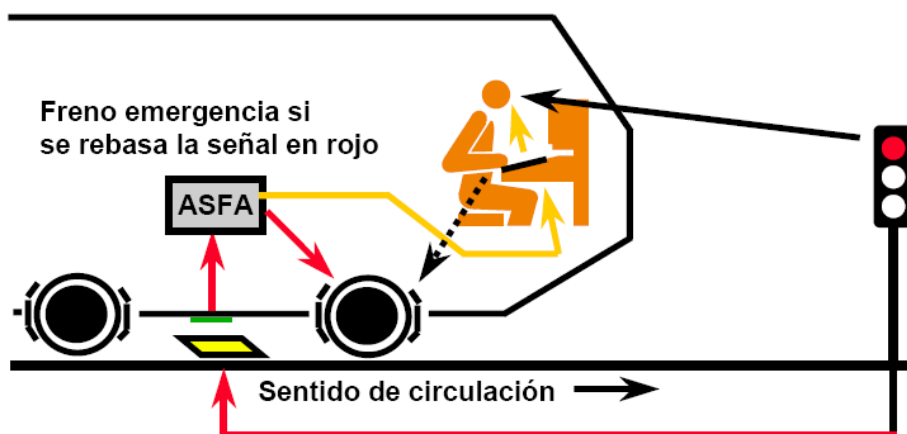
1.1.3.4.1. Balizas de ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático)

Se trata de un equipo fijo de vía que transmite señales de situación ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático) (Figura 4). Situada entre los dos carriles a la altura de una señal (baliza de señal), o unos 300 m antes de ella (baliza previa), la baliza emite una señal magnética que es recogida por un captador situado en la locomotora para accionar así los frenos de emergencia si se rebasa una señal en rojo. Sin embargo, no asegura la detención del tren ante la señal ya que no supervisa la velocidad hasta que no se pasa por encima de la baliza del sistema ASFA (no evita totalmente los accidentes).



Figura 4. Baliza ASFA. Fuente: [3]

En el Esquema 3 se muestra la secuencia:



Esquema 3. Secuencia ASFA. Fuente: [6]

1.1.3.4.2. Sistemas automáticos de protección del tren (ATP)

Los sistemas automáticos de protección de tren (ATP) supervisan la velocidad de forma continua y proporcionan al conductor información del punto de parada y de la velocidad máxima que debe llevar. En caso de sobrepasarla aplicará los frenos de servicio o los de emergencia. Nunca se podrá rebasar una señal en rojo, por lo que el sistema evita totalmente los accidentes (Figura 5).

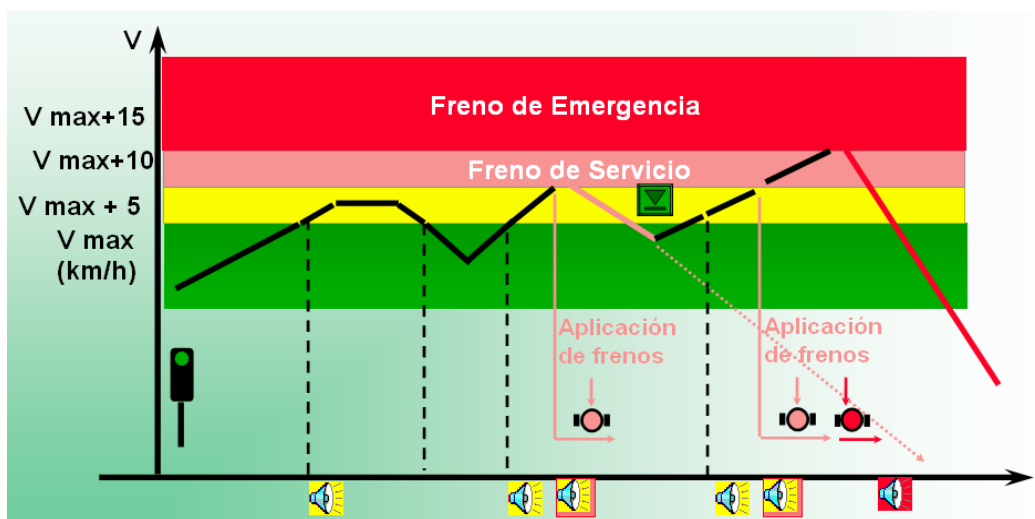


Figura 5. Baliza ATP. Fuente: [4]

¿Por qué es necesario el ATP?

Porqué se evita que el frenado del tren, ante una señal restrictiva, sea responsabilidad exclusivamente del maquinista. Este sistema tiene la capacidad de aplicar el freno de emergencia si el maquinista no reacciona siguiendo las curvas de frenado que marca el ATP (Gráfica 1).

A diferencia con el sistema ASFA, la baliza del ATP envía más información al tren al pasar éste por encima. Entre dichas informaciones destacan el aspecto de la señal, la posición de las agujas, próximas curvas, gradientes y limitaciones de velocidad. Todos estos datos aparecen reflejados en la pantalla del maquinista y le indican la velocidad objetivo, distancia objetivo y distancia de parada para que actúe los mandos en consecuencia. En la Figura 6 se muestra la estructura del sistema.



Gráfica 1. Límites de velocidad supervisados por el ATP. Fuente: [6]

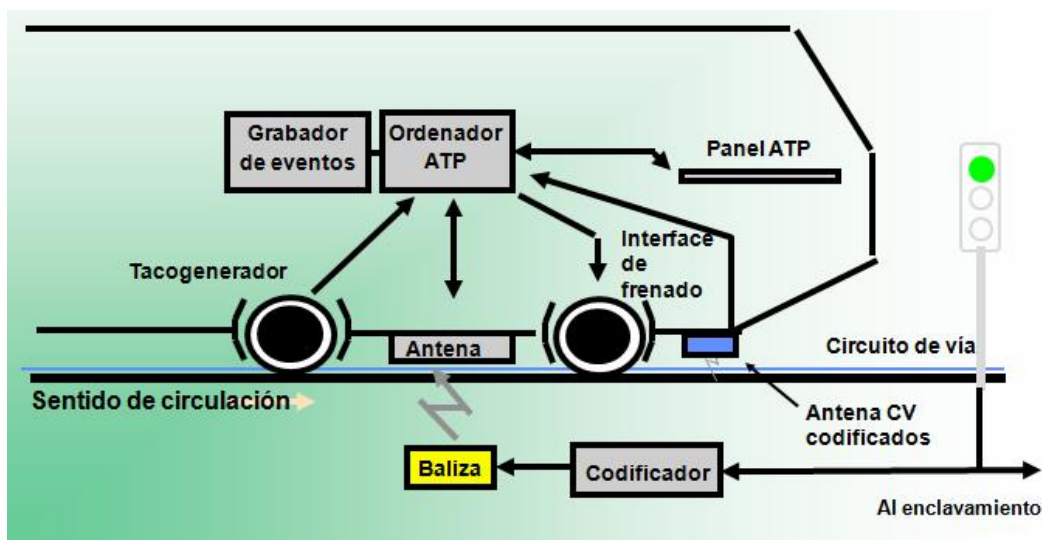


Figura 6. Sistema ATP. Fuente: [6]

1.1.3.4.3. Sistema de ATP continuo LZB (Linienförmige Zugbeeinflussung)

El LZB es el sistema alemán de transmisión continua de información y señalización desde la vía al tren. Está instalado principalmente en Alemania y países de influencia alemana y en la línea Madrid-Sevilla.

Se emplea en todas las líneas cuya velocidad sea superior a 160 Km/h y puede instalarse como un sistema superpuesto a la señalización convencional.

El intercambio de información es bidireccional, es decir, existe un intercambio de información desde la vía al tren y desde el tren a la vía. Este intercambio de información se realiza mediante lazos inductivos.

En el tramo de Cercanías de este proyecto se emplea dicho sistema debido a la gran densidad de trenes que soporta la línea (es la única, de tipo convencional, que lo necesita de la Comunidad de Madrid).

1.1.3.5. Bloqueos y enclavamientos

Existen tramos de línea que unen estaciones entre sí cuyo objetivo es permitir el mayor número de movimientos de trenes de una estación a otra de la forma más rápida. Estas zonas están caracterizadas por tramos de vía única o doble en los que no existen desvíos. A los equipos de señalización que permiten esta circulación de los trenes, de forma segura y a una frecuencia determinada, se les designa con el nombre de equipos de bloqueos. El bloqueo permite el movimiento sucesivo de trenes a la frecuencia y velocidad especificadas en el proyecto funcional del sistema ferroviario.

1.1.3.5.1. Bloqueo automático en vía doble banalizada (B.A.B.)

La mayor circulación de tráfico ha exigido una disponibilidad grande en las instalaciones. Con objeto de proporcionar una alta flexibilidad, en caso de avería, se han establecido los bloqueos automáticos banalizados en vía doble.

Esta configuración no proporciona mayor capacidad de tráfico pero permite una mayor densidad de circulaciones en condiciones degradadas por causa de una incidencia en una de las vías del bloqueo.

Cada vía se equipa con señales en ambos sentidos y cada vía puede funcionar con el mismo régimen de bloqueo en ambos sentidos. El establecimiento del bloqueo en un sentido u otro depende del sentido de circulación existente, es decir, la presencia de un tren implica automáticamente el cambio de aspecto (a color rojo) de las señales que permitirían circular en sentido contrario, tal y como se muestra en la Figura 7.

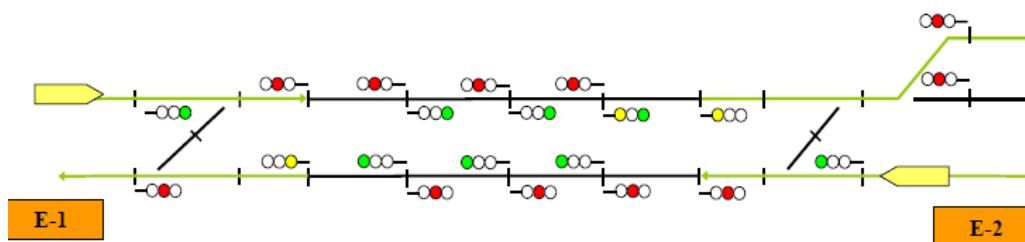


Figura 7. Vía doble banalizada. Fuente: [8]

1.1.3.5.2. Enclavamiento

En el diseño y planificación de una línea ferroviaria existen áreas perfectamente identificadas en donde el funcionamiento y explotación de la línea presenta características diferentes. En las estaciones se requiere realizar operaciones de formación de trenes, situarlos en andenes o vías específicas, o facilitar la llegada o salida de los mismos. Para esto es necesario hacer movimientos de trenes programados de acuerdo con unos horarios establecidos, así como movimientos especiales debido a las necesidades específicas de formación de trenes en cada momento, es decir, movimiento de maniobras.

Estas áreas de estaciones requieren una disposición de vías, aparatos de vía y elementos de señalización que permitan el paso de las circulaciones de unas vías a otras. Los equipos de señalización que controlan estas zonas reciben el nombre de enclavamientos.

1.1.3.5.3. Diferencias entre enclavamiento y bloqueo

En la Figura 8 se diferencia claramente una zona de otra (zonas que están perfectamente delimitadas y cuyo objetivo es diferente).

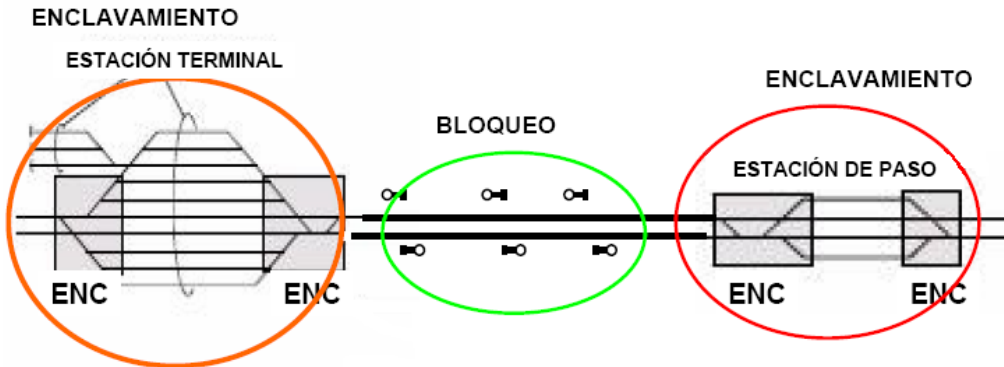


Figura 8. Enclavamiento y bloqueo. Fuente: [9]

El bloqueo entre estaciones debe permitir la circulación del número de trenes por hora especificado de acuerdo con las necesidades de transporte de la línea. Sistemas como el ASFA, ATP y LZB son ejemplos típicos de equipos diseñados principalmente para facilitar y optimizar el movimiento de trenes en zonas de bloqueo.

Por el contrario, en áreas de estaciones, cuyo objetivo prioritario es la formación de los trenes, el enrutamiento de los mismos hacia los andenes adecuados (para la subida o bajada de viajeros) está controlado por los equipos de señalización que permiten el establecimiento de rutas de forma segura. Estos equipos reciben el nombre de enclavamiento.

El enclavamiento relaciona la posición de los vehículos con la indicación de la señales, evitando de forma segura que pueda abrirse una señal (autorizarse un movimiento a un tren) si existe ya otra ruta autorizada que pudiera implicar un peligro de colisión entre trenes. En la Figura 9 se presenta un ejemplo de entrada a la estación.

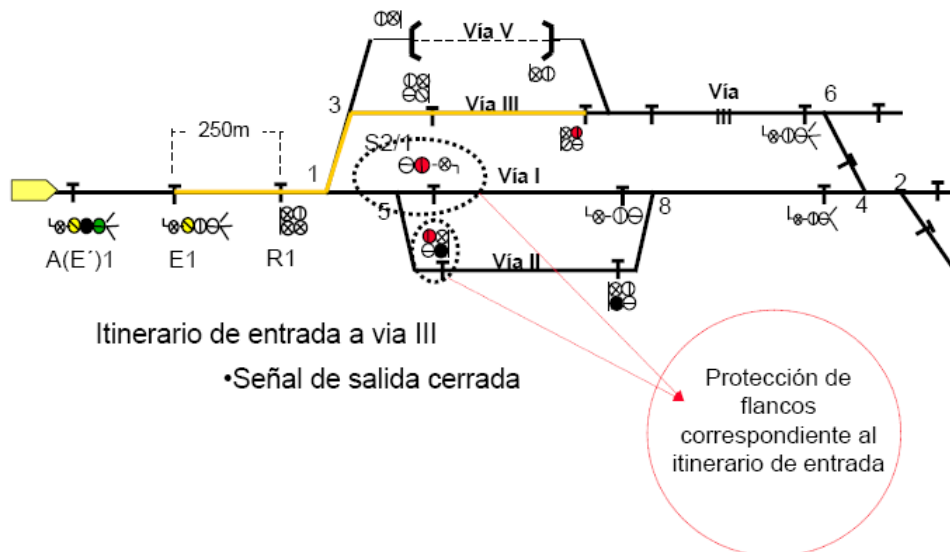


Figura 9. Programa funcional. Fuente: [9]

1.1.3.6. Sistemas de telemando y control de tráfico centralizado (C.T.C.)

La creación del control de tráfico centralizado (C.T.C.) surge de la necesidad de agrupar en un puesto de telemando los enclavamientos y bloqueos de una línea o zona. EL C.T.C. es parte integrante del sistema de telemando y control.

Desde el C.T.C. se mandan los itinerarios, se regula el tráfico y se resuelven todos los posibles conflictos operacionales de la circulación de los trenes (Figura 10).

Además, el C.T.C. genera valiosa información para los viajeros, como horas de llegada o posibles desviaciones de los horarios.



Figura 10. Control de tráfico centralizado. Fuente: [10]

El C.T.C. envía las órdenes a los enclavamientos, responsables de la seguridad, y recibe de ellos la confirmación de estas órdenes, así como la información referente a la situación de los trenes y al estado de la vía.

1.2. SOLUCIÓN ADOPTADA. INSTALACIONES A PROYECTAR

De acuerdo con el objeto del proyecto y para cumplir los objetivos mencionados, las instalaciones para la modernización de la señalización en las estaciones del trayecto Embajadores-Cuatro Vientos son las que se indican a continuación:

- Sustitución del enclavamiento eléctrico de la estación de Aluche por un enclavamiento electrónico, cuya tecnología está aún por determinar.
- Instalación de un puesto de mando videográfico en el Gabinete de Circulación de Aluche.
- Sustitución del enclavamiento eléctrico de Embajadores por un controlador de objetos, dependiente de Aluche, con sus correspondientes Módulos Electrónicos de Control de Señales y Módulos de Entrada/Salida.
- En el Gabinete de Circulación de Embajadores se situará un puesto de mando local dependiente de Aluche.
- Sustitución del enclavamiento eléctrico de Laguna por un controlador de objetos, dependiente de Aluche, con sus correspondientes Módulos Electrónicos de Control de Señales y Módulos de Entrada/Salida.
- En el Gabinete de Circulación de Laguna se situará un puesto de mando local dependiente de Aluche.
- Modificación del enclavamiento existente en Cuatro Vientos, de tecnología Bombardier tipo EBILock, para recoger las modificaciones derivadas de la banalización del trayecto Aluche – Cuatro Vientos y la propia estación de Cuatro

Vientos.

- Modificación del software del puesto de mando videográfico de Cuatro Vientos para la representación del programa de explotación proyectado.
- Se banalizarán las señales del tramo Laguna–Cuatro Vientos, incluidas ambas estaciones. Como consecuencia de ello se implementará el régimen de Bloqueo Automático en vía doble Banalizada (B.A.B.) de Atocha con el controlador de objetos de Embajadores, y también entre Aluche y el enclavamiento existente en Cuatro Vientos. Ante la posibilidad de que exista divergencia tecnológica entre enclavamientos, función del enclavamiento que se instale en Aluche y los controladores de objetos de Laguna y Embajadores, se proyectan los correspondientes interfaces y grupos de relés que permitan establecer los bloqueos entre enclavamientos con diferentes tecnologías o protocolos de comunicación. Al tratarse de un tramo con fuerte intensidad de tráfico ferroviario, para la realización del nuevo B.A.B. se ha proyectado una configuración redundante de los módulos electrónicos de bloqueo, es decir, un módulo por vía y sentido. Además, se han previsto dos caminos diferentes para el envío de la información; el normal será a través de la red de transmisión digital de fibra óptica y el alternativo por el cable de comunicaciones de 19 cuadretes entre estaciones.
- Sustitución de los circuitos de vía existentes de 50 Hz por circuitos de vía de audiofrecuencia sin juntas mecánicas de separación en el tramo Embajadores-Cuatro Vientos. Los límites de la actuación serán desde las señales de entrada a la estación de Embajadores, lugar al que llegan los circuitos de vía FTG S de Siemens de Atocha, y hasta el estacionamiento de Cuatro vientos, no incluido éste, donde actualmente existen circuitos de vía tipo TI25 de Bombardier.
- Se proyectan señales de nueva instalación con equipos de tierra del sistema ASFA (Anuncio de Señal y Frenado Automático).
- En las señales de entrada a las estaciones y sus correspondientes avanzadas se instalarán teléfonos a pie de señal.
- Modificaciones en el Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.) de Madrid-Chamartín para recoger los cambios producidos como consecuencia de la nueva explotación proyectada en el trayecto Embajadores-Cuatro Vientos.
- Instalación en Aluche de un nuevo interface para el telemando del nuevo enclavamiento.
- Instalación de nuevos centros de transformación reductores telemandados en las estaciones de Embajadores, Laguna y Aluche.
- Como alimentación alternativa, se proyectarán sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI).
- Para el sistema LZB de la línea de Cercanías C5, cuyo puesto central se encuentra en Atocha, se instalará nuevo equipamiento en las estaciones de Embajadores, Laguna, Aluche y Cuatro Vientos dado que hay una nueva explotación proyectada. Se modifica el puesto central de Atocha de LZB para recoger los cambios realizados.
- Levante y desmontaje de instalaciones no aprovechables en la situación definitiva.

- Instalación de perchas en túnel, andén y zona de trayecto que discurre entre pantallas de hormigón.
- Cruces de vía mediante canalizaciones hormigonadas.
- Definición de situaciones transitorias necesarias para mantener el servicio de las circulaciones, planificando y adecuando las obras, con el fin de minimizar las posibles afecciones a la explotación ferroviaria durante el proceso de ejecución de las obras y/o durante las pruebas y puesta en servicio de los nuevos equipos.

Con la implantación de estas instalaciones en el tramo, se logrará la mejora de la explotación de las instalaciones, el aumento de la fiabilidad de la circulación y un mayor aprovechamiento del enclavamiento instalado.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Como justificación de las soluciones técnicas adoptadas, se desarrollan a continuación los criterios utilizados para la elección de la tecnología en los principales elementos susceptibles de alternativas.

1.3.1. Enclavamientos y bloqueos

Se van a utilizar sistemas de detección de trenes que permiten su concentración en cabina. Esto implica que los enclavamientos y bloqueos serán centralizados, es decir, las informaciones y estados de los bloqueos se transmiten directamente entre los sistemas de bloqueo situados en las estaciones. Las órdenes y comprobaciones necesarias para mandar y supervisar las señales, aparatos y cantones de bloqueo partirán de las cabinas sin lógica adicional ni suma de estados en campo.

Se instala bloqueo electrónico. La ventaja inherente a esta última tecnología es el medio de transmisión ya que es inmune a las perturbaciones de la catenaria de tracción.

En el bloqueo electrónico, las informaciones se transmiten en serie en forma de telegramas codificados, uno detrás de otro. Para dicha transmisión, y para elevar la disponibilidad, se emplean dos canales de transmisión, que serán, en este caso, un canal del sistema de transmisión por fibra óptica y un cuadrete del cable de comunicaciones.

La necesidad de instalar bloqueos electrónicos lleva a la conclusión de que la elección del enclavamiento electrónico es la más adecuada, ya que éste, con la sola adición de tarjetas de comunicaciones, puede hacer las funciones de bloqueo con la correspondiente variación en el número de tarjetas para el mando y supervisión de las señales de bloqueo y la inserción de los estados de los circuitos de vía o cantones. Se analizan algunas características de estos enclavamientos en comparación con los convencionales de relés.

Los enclavamientos electrónicos sustituyen a las redes lógicas tradicionales realizadas con tecnología electromecánica, ya que obtienen los mismos resultados lógicos mediante sistemas electrónicos a prueba de fallos (*fail safe*).

Las ventajas que este tipo de enclavamiento aporta sobre los tradicionales de relés son las siguientes:

- Tecnología en continua y rápida evolución, y mejora frente al inmovilismo de la tecnología de relés.

- Construcción modular que permite adaptar los equipos al tamaño particular y a los requerimientos de cada instalación.
- Locales con menor superficie que los tradicionales.
- Versatilidad para conexión a los distintos sistemas de señalización, bloqueo, C.T.C., etc., sin necesidad de equipos adicionales, con el simple aumento de tarjetas para las distintas funcionalidades requeridas.
- Flexibilidad:

La aplicación de la lógica mediante el enlace de módulos de programas asegura un grado elevado de flexibilidad en la configuración de la instalación y sus posibles revisiones.

Las herramientas disponibles permiten obtener tiempos de respuesta particularmente reducidos en la puesta a punto del sistema, mediante simulaciones que realizan comprobaciones de la lógica de la instalación sin conectar a los elementos de campo, reduciendo al mínimo los posibles momentos de baja de la instalación.

También permite realizar fácilmente cursillos de formación de operadores y técnicas sobre el propio enclavamiento antes de ser éste puesto en servicio.

- Diagnóstico y mantenimiento:

Los enclavamientos electrónicos disponen de sistemas de diagnóstico que son soporte para el mantenimiento y localización de averías.

Estos sistemas, accesibles localmente o desde un puesto remoto, indican, en caso de anomalía en el enclavamiento, un mensaje de fallo al que se asocia el elemento afectado y las acciones correctivas que hay que realizar, lo que permite una reducción de tiempo en las reparaciones de las averías.

Posibilidad de registro y reproducción de todos los movimientos, ocupación de circuitos, cambios producidos, incluida la hora y fecha de los mismos, con los que se pueden determinar los motivos de las incidencias acaecidas.

- Conexión a otros sistemas:

Los enclavamientos electrónicos disponen, mediante salidas del propio enclavamiento o a través de tarjetas electrónicas ya diseñadas, de los interfaces necesarios para conectarse a sistemas de diagnóstico, telemandos, etc.

En función de lo indicado anteriormente, se ha elegido como más conveniente la solución de enclavamientos electrónicos basados en microprocesadores de última generación y diseñados para estaciones de pequeño o mediano tamaño.

1.3.2. Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.)

El Puesto Central de telemando de Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.) está concebido como el núcleo neurálgico de mando y regulador de las líneas ferroviarias que confluyen en él.

El objetivo de este proyecto respecto a control de tráfico centralizado será integrar en el C.T.C. de Madrid-Chamartín las modificaciones ocasionadas por la nueva explotación proyectada para el trayecto Embajadores–Cuatro Vientos, en donde se pasa de tener tres puestos satélites, ubicados en las estaciones de Embajadores, Laguna y Aluche, a un único puesto satélite ubicado en Aluche y a implementar un nuevo régimen de bloqueo B.A.B. entre las estaciones de Aluche y Cuatro Vientos. El Puesto Central de C.T.C. está conectado con la central LZB, situada en Atocha-Madrid, y posibilita la gestión optimizada del tráfico en la línea de Cercanías C5.

1.3.3. Circuitos de vía

Dentro de las instalaciones de seguridad, uno de los elementos más significativos es el tipo de circuito de vía que se emplee.

Entre las alternativas posibles de elección, circuito de vía convencional de corriente alterna a 50 Hz y circuito de vía de audiofrecuencia sin juntas mecánicas de separación, se ha elegido este último por las ventajas que supone sobre el resto y que se enumeran a continuación:

- Concentración de equipos interiores en cabina y ubicación a pie de vía de las cajas de sintonía de emisión/recepción, lo cual supone protección ante inclemencias atmosféricas, disminución de averías, elevación de la fiabilidad de la explotación ferroviaria y facilidad de mantenimiento.
- Disminución de averías y costes de mantenimiento, al no poseer juntas mecánicas de separación (excepto en agujas), que es un punto débil que provoca un alto índice de incidencias, así como el aumento de la solidez de los carriles al no tener que realizar cortes en ellos.
- Alta sensibilidad en la detección de las circulaciones (shunt límite de 0,5 ohmios).
- Sin limitación de la corriente de retorno de tracción, ya que los lazos de sintonía, instalados en vía, se comportan como cortocircuitos para la corriente de tracción y para otras frecuencias a las cuales el lazo no está sintonizado.
- Distribución uniforme de la corriente de retorno de tracción por los dos carriles.

- Debido a la codificación y modulación, inmunidad frente a las tensiones inducidas, producidas por inducción electromagnética de los complejos sistemas de tracción que emplean las locomotoras de gran potencia o por las líneas de alta tensión que cruzan o transcurren paralelas a la vía.

1.3.4. Suministro de energía

En el apartado 3.4. se incluye la justificación del dimensionamiento de los centros secundarios según las necesidades eléctricas de las estaciones de Embajadores, Laguna y Aluche.

Por concentración de equipos electrónicos, y para conseguir una mayor fiabilidad en la alimentación a las instalaciones, se incluye la instalación de un sistema dual de alimentación ininterrumpida (SAI) en dichas estaciones.

1.3.5. Sistema LZB

En el Capítulo III “Cálculos justificativos” se incluyen las modificaciones necesarias en el equipamiento de estación del sistema LZB como consecuencia de la nueva explotación proyectada para las estaciones del trayecto Embajadores-Cuatro Vientos. Asimismo, será necesario actuar en el centro de control de LZB de Atocha.

1.3.6. Percha para el tendido de cables

Para el diseño de la red de zanjias y canalizaciones, se ha seguido lo dispuesto en la “Norma sobre los sistemas de tendido subterráneo de cables”, NAS 310, publicada por ADIF en octubre de 1994 y el modificativo 1, de Enero de 1.999.

La mayor parte del trayecto se desarrolla en túnel y, en el caso de la estación de Cuatro Vientos, entre pantallas de hormigón, por lo que se ha decidido perchar los cables en los hastiales del túnel, en las pantallas de hormigón y en andenes de estación, siguiendo el tratamiento específico que se da a los túneles según la norma NAS 310.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES A REALIZAR

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES A REALIZAR

2.1. UBICACIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES

El trayecto Embajadores–Cuatro Vientos forma parte del sistema ferroviario de Ancho Ibérico y pertenece a la línea de Cercanías de Madrid C5.

La C5 es una de las más importantes líneas de Cercanías, con un alto índice de viajeros. Actualmente está formada por los tramos Fuenlabrada–Atocha y Atocha–Móstoles El Soto, siendo este último donde se ubica el trayecto objeto del proyecto.

El tramo tiene una longitud aproximada de 10,1 km y todo él se encuentra situado en la provincia de Madrid, Comunidad Autónoma de Madrid.

Todas las estaciones del trayecto están electrificadas y todos los enlaces con estaciones colaterales están constituidos por vía doble; siguiendo los bloqueos los siguientes tipos de regímenes de explotación:

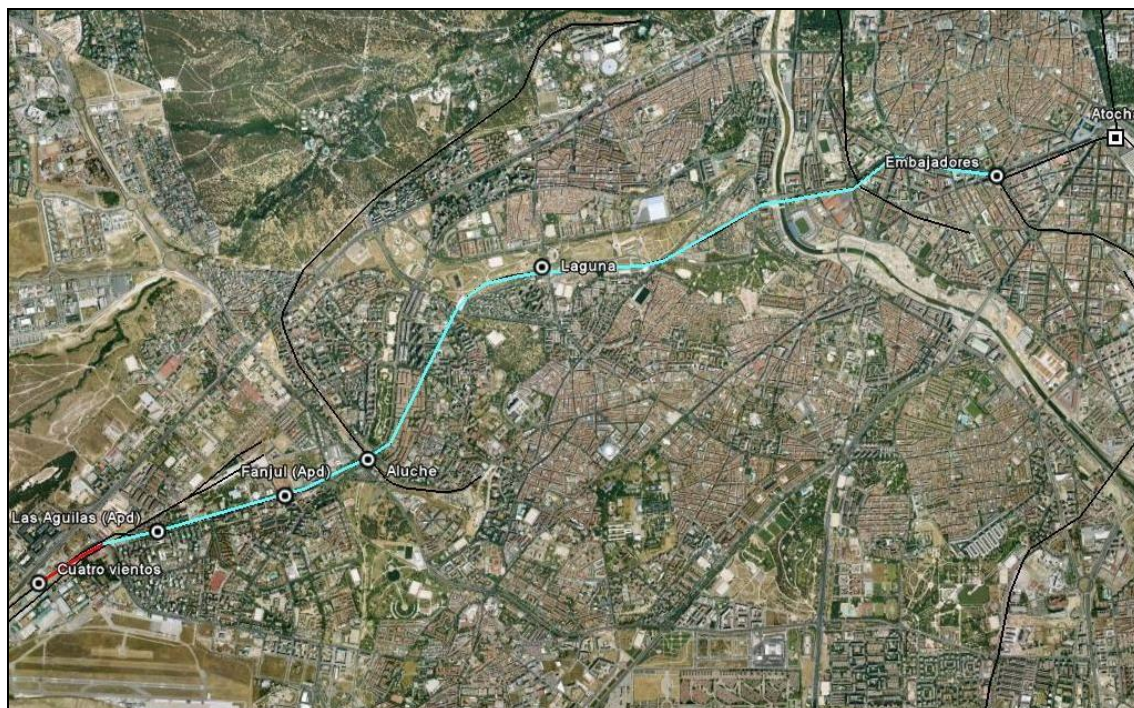
- Trayecto Atocha-Embajadores: Bloqueo Automático Banalizado (B.A.B.)
- Trayecto Embajadores-Laguna: B.A.B.
- Trayecto Laguna–Aluche: Bloqueo Automático en vía Doble (B.A.D.)
- Trayecto Aluche–Cuatro Vientos: B.A.D.

Las estaciones y apeaderos que se encuentran en el tramo Embajadores–Cuatro Vientos, con referencia de su punto kilométrico oficial (p.k.), son los siguientes:

- Embajadoresp.k. 1/202
- Lagunap.k. 5/126
- Aluchep.k. 7/570
- Fanjul (Apeadero)p.k. 8/295
- Las Águilas (Apeadero)p.k. 9/064
- Cuatro Vientosp.k. 10/211

El trayecto objeto del proyecto se desarrolla principalmente en túnel, desde la estación de Atocha hasta el p.k. 9/665, próximo a la estación de Cuatro Vientos. El resto del trayecto y hasta dicha estación se desarrolla entre pantallas de hormigón (Figura 11).

Asimismo, el ámbito del proyecto se extiende al puesto central de C.T.C. de Madrid-Chamartín desde donde se telemandan los enclavamientos y bloqueos, al puesto central de LZB en Atocha y a todos los medios y sistemas de transmisión y de energía pertenecientes al Administrador de Infraestructuras Ferroviarias dentro del citado tramo.



	Zona de proyecto bajo túnel.
	Zona de proyecto en el exterior.

Figura 11. Ámbito del proyecto. Fuente: [11]

2.2. TOMA DE DATOS.

Con el fin de obtener los datos necesarios sobre las características de las estaciones y trayectos, se han llevado a cabo, sobre el terreno, las siguientes operaciones:

- Estudio de las instalaciones existentes, cuya descripción se recoge en el apartado 2.3 de la presente memoria.
- Inspección sobre el terreno de las estaciones para la ubicación de las señales.
- Estudio y análisis de los medios y equipos de transmisión existentes.
- Estudio de las redes de alimentación de energía que pudieran afectar a las instalaciones proyectadas.
- Localización de los actuales medios de tendido de cables, inspeccionando los mismos por si pudieran ser útiles para este proyecto.

Una vez analizados los datos recogidos, se ha procedido a realizar, entre otras, las siguientes operaciones:

- Replanteo de la situación de los elementos de campo a instalar, así como la comprobación de las condiciones de seguridad establecidas y el cumplimiento del galíbo de las instalaciones.

- Determinación de la nueva traza de la red de zanjas, canalizaciones y soportes murales, evaluando la posibilidad de su realización.
- Determinación de la solución más idónea para la ubicación de los equipos de señalización, telecomunicaciones y energía.
- Dimensionamiento de los elementos que componen el enclavamiento a instalar en las estaciones, tanto del equipamiento de cabina como los elementos de campo.
- Determinación del suministro de energía necesario, para alimentar las instalaciones de seguridad y comunicaciones.

2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES

2.3.1. Instalaciones de Seguridad y Comunicaciones

El tramo objeto del proyecto comprende las estaciones o edificios técnicos de Embajadores, Laguna, Aluche y Cuatro Vientos. La descripción de las instalaciones de seguridad de cada una de las estaciones mencionadas se describe a continuación:

Embajadores

La estación de Embajadores está situada en el p.k. 1/202 de la línea C5 de la Red de Cercanías de Madrid, tratándose de una estación que se desarrolla en túnel.

En el Gabinete de Circulación se dispone de las siguientes instalaciones de seguridad:

- Enclavamiento eléctrico de tecnología relés de la empresa Bombardier.
- El trayecto dependiente de dicho enclavamiento se encuentra banalizado en vía doble en ambas bandas, tanto en dirección Atocha como en dirección a Laguna, existiendo un bloqueo eléctrico de tipo Bombardier. El trayecto Atocha-Embajadores se encuentra centralizado en la cabina de Embajadores y cuenta con una distancia de 1 km por lo que las señales de avanzadas son las señales de salida de la estación colateral.
- Accionamientos eléctricos de la casa Bombardier.
- Las señales, a excepción de las de retroceso y maniobra, están dotadas de equipamiento del sistema de Anuncio de Señales y Frenado Automático (A.S.F.A.).
- Los circuitos de vía, tanto de estación como de trayecto, son de tecnología convencional de 50 Hz de la empresa Bombardier. En Embajadores los circuitos de vía son de audiofrecuencias sin juntas mecánicas de separación tipo FTG S y

se encuentran instalados en estación y hasta las señales de entrada de dicha estación.

- Equipamiento del sistema LZB en campo correspondiente al sistema de Conducción Automática de la línea C5 de Cercanías. En cabina dispone de bandejas con las tarjetas de entrada para captar el estado del enclavamiento y bloqueo asociados de la línea C5 Móstoles-Fuenlabrada. Dicho sistema es de tecnología ALCATEL y fue instalado entre los años 1994 y 1996 y dispone de un puesto central de LZB en Atocha.

El local dispone de aparatos de aire acondicionado para la climatización del recinto.

En el andén opuesto al actual cuarto de enclavamiento y ubicado en uno de sus extremos, existe un armario que alberga los dos transformadores de 5 kVA con los que se alimentan las actuales instalaciones de seguridad y comunicaciones.

Laguna

La estación de Laguna está situada en el p.k. 5/126 de la línea C5 de la Red de Cercanías de Madrid, tratándose de una estación en túnel.

En el Gabinete de Circulación se dispone de las siguientes instalaciones de seguridad:

- Enclavamiento eléctrico de cableado libre de la empresa Bombardier.
- Accionamientos eléctricos de la misma firma.
- El trayecto Embajadores–Laguna se encuentra banalizado en vía doble.
- En el trayecto Laguna–Aluche existe un bloqueo automático en vía doble (sin banalizar) de tipo eléctrico de Bombardier.
- Las señales, a excepción de las de retroceso y maniobra, están dotadas de equipamiento del sistema de Anuncio de Señales y Frenado Automático (A.S.F.A.).
- Los circuitos de vía, tanto de estación como de trayecto, son de tecnología convencional de 50 Hz de la empresa Bombardier.
- Equipamiento del sistema LZB en campo correspondiente al sistema de Conducción Automática de la línea C5 de Cercanías. En cabina dispone de bandejas con las tarjetas de entrada para captar el estado del enclavamiento y bloqueo asociados de la línea C5 Móstoles-Fuenlabrada. Dicho sistema es de tecnología ALCATEL.

Aluche

La estación de Aluche está situada en el p.k. 7/570 de la línea C5 de la Red de Cercanías de Madrid, tratándose de una estación en túnel.

En el Gabinete de Circulación se encuentra el equipamiento de comunicaciones de la estación, contando con los siguientes elementos:

- Central de telefonía de explotación de la casa ENA.
- Repartidor de cables de telefonía.

Próximo al Gabinete de Circulación y en el mismo andén, existe otro cuarto técnico en el que se encuentra el siguiente equipamiento:

- Enclavamiento eléctrico de la empresa Bombardier.
- Accionamientos eléctricos de la misma firma.
- En el trayecto Aluche–Cuatro Vientos, existe un bloqueo automático en vía doble (sin banalizar) de tipo eléctrico de Bombardier.
- Las señales, a excepción de las de retroceso y maniobra, están dotadas de equipamiento del sistema de Anuncio de Señales y Frenado Automático (A.S.F.A.).
- Los circuitos de vía, tanto de estación como de trayecto, son de tecnología convencional de 50 Hz de la empresa Bombardier.
- Equipamiento del sistema LZB en campo correspondiente al sistema de Conducción Automática de la línea C5 de Cercanías. En cabina se dispone de bandejas con las tarjetas de entrada para captar el estado del enclavamiento y bloqueo asociados de la línea C5 Móstoles-Fuenlabrada.

Cuatro Vientos

La estación de Cuatro Vientos está situada en el p.k. 10/211 de la línea C5 de la Red de Cercanías de Madrid.

En los andenes de la propia estación se encuentra el Gabinete de Circulación en donde hay instalado un puesto de mando videográfico con un monitor de tecnología Bombardier.

En la cabina del enclavamiento se encuentran las siguientes instalaciones de seguridad:

- Enclavamiento electrónico de la empresa Bombardier tipo EBILock.

- Accionamientos eléctricos de la misma firma.
- La estación de Cuatro Vientos, al igual que el trayecto Cuatro Vientos–San José de Valderas se encuentran sin banalizar.
- Las señales, a excepción de las de retroceso y maniobra, están dotadas de equipamiento del sistema de Anuncio de Señales y Frenado Automático (A.S.F.A.).
- Los circuitos de vía, de estacionamiento y de trayecto en dirección a Móstoles, son de audiofrecuencias sin juntas mecánicas de separación tipo TI-21 de la empresa Bombardier. Los circuitos de vía de trayecto en dirección a Aluche son de tecnología convencional de 50 Hz, también de la empresa Bombardier.
- Equipamiento del sistema LZB en campo correspondiente al sistema de Conducción Automática de la línea C5 de Cercanías. En cabina se dispone de bandejas con las tarjetas de entrada para captar el estado del enclavamiento y bloqueo asociados de la línea C5 Móstoles-Fuenlabrada.
- En la cabina existe un equipo de adaptación al telemando desarrollado conjuntamente entre Bombardier y Dimetronic que permite relacionar el enclavamiento con el puesto central de C.T.C. de Chamartín.

2.3.2. Bloqueos

Los bloqueos con las estaciones colaterales son los siguientes:

- Trayecto Atocha-Embajadores
 - La explotación del bloqueo entre estaciones es en régimen de B.A.B. La estación de Atocha dispone de un enclavamiento electrónico tipo ENCE (Enclavamiento Electrónico) para líneas convencionales, mientras que en la estación de Embajadores existe un enclavamiento eléctrico de tecnología Bombardier.
- Trayecto Embajadores-Laguna
 - El bloqueo establecido entre estaciones es de tipo B.A.B., con tecnología de relés de la empresa Bombardier. En ambas estaciones se dispone de enclavamientos eléctricos de la misma empresa.
- Trayecto Laguna-Aluche

- El régimen de explotación del bloqueo en el trayecto es B.A.D., con tecnología de relés de la empresa Bombardier. En ambas estaciones se dispone de enclavamientos eléctricos de la misma empresa.
- Trayecto Aluche-Cuatro Vientos
 - El bloqueo en el trayecto es de tipo B.A.D., con tecnología de relés de la empresa Bombardier. Los enclavamientos de ambas estaciones son de la casa Bombardier, siendo eléctrico el de Aluche y electrónico el de Cuatro Vientos.

2.3.3. Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.)

Los enclavamientos del trayecto Embajadores-Atocha se encuentran telemandados desde el puesto central de C.T.C. de Chamartín.

En la estación de Atocha se encuentra el denominado Centro de Control de Cercanías. Dicho centro tiene como función, entre otras, la atención comercial de las Cercanías de Madrid. Para ello recibe informaciones del C.T.C. sobre la explotación de las líneas. La representación de la explotación se realiza mediante retroproyectores y monitores videográficos de los operadores.

Para el telemando, se dispone de puestos secundarios en las cabinas de Embajadores, Laguna y Aluche con las correspondientes tarjetas de entrada/salida que reciben las informaciones del enclavamiento y los bloqueos, y que entregan las órdenes emitidas por el Puesto Central.

Las informaciones de telemando se envían a través de la red de fibra óptica mediante un cable F.O. en el tramo Atocha-Móstoles.

2.3.4. Conducción automática-LZB

La línea de Cercanías C5 (Móstoles-Fuenlabrada) está dotada de un sistema de conducción automática denominado LZB de la empresa THALES Rail Signalling Solutions. Dicho sistema es de tecnología ALCATEL y se instaló entre los años 1994 al 1996 en que fue puesto en servicio.

La finalidad de dicho sistema es el aumento de la capacidad de tráfico que puede soportar la línea. Esto lo consigue respetando la indicación de parada de las señales mediante el concepto de distancia de frenado de seguridad dinámica.

El sistema está previsto para tráfico mixto, es decir con unidades equipadas en cabina con dicho sistema y unidades sin equipar.

El puesto central de C.T.C, situado en Chamartín-Madrid, y conectado con la central LZB posibilita la gestión optimizada del tráfico en la línea de Cercanías C5.

2.4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES A REALIZAR

Las instalaciones y obras que se proyectan, según lo indicado en el punto 1.2., son las que se describen a continuación:

a) Instalaciones de Seguridad y Comunicaciones

- Sustitución del enclavamiento eléctrico de la estación de Aluche por un enclavamiento electrónico de tecnología a determinar.
- Instalación de un puesto de mando videográfico en el Gabinete de Circulación de Aluche.
- Sustitución del enclavamiento eléctrico de Embajadores por un controlador de objetos, dependiente de Aluche, con sus correspondientes Módulos de Control Electrónicos de Señales y Módulos de Entrada/Salida.
- En el Gabinete de Circulación de Embajadores se situará un puesto de mando local dependiente de Aluche.
- Sustitución del enclavamiento eléctrico de Laguna por un controlador de objetos, dependiente de Aluche, con sus correspondientes Módulos de Control Electrónicos de Señales y Módulos de Entrada/Salida.
- En el Gabinete de Circulación de Laguna se situará un puesto de mando local dependiente de Aluche.
- En las estaciones de Embajadores, Laguna y Aluche se instalarán puestos remotos SAM (Sistema de Ayuda al Mantenimiento).
- Modificación del enclavamiento existente en Cuatro Vientos, de tecnología Bombardier tipo EBILock, para recoger las modificaciones impuestas por la banalización del trayecto Aluche–Cuatro Vientos y la propia estación de Cuatro Vientos.
- Se banalizarán las señales del tramo Laguna–Cuatro Vientos, incluidas ambas estaciones. Como consecuencia de ello, se implementará el régimen de bloqueo B.A.B. de Atocha con el controlador de objetos situado en Embajadores, así como entre Aluche y el enclavamiento existente en Cuatro Vientos. Al tratarse de un tramo con fuerte intensidad de tráfico ferroviario, para la realización del nuevo B.A.B. se ha proyectado una configuración redundante de los módulos electrónicos de bloqueo, es decir, un módulo por vía y sentido. Además, se han previsto dos caminos diferentes para el envío de la información; el normal será a través de la red de transmisión digital de fibra óptica y el alternativo por el cable de comunicaciones de 19 cuadretes entre estaciones.
- Sustitución de los circuitos de vía existentes de 50 Hz por circuitos de vía de audiofrecuencia sin juntas mecánicas de separación en el tramo Embajadores - Cuatro Vientos. Los límites de la actuación serán desde las señales de entrada a la estación de Embajadores, lugar al que llegan los circuitos de vía FTG S de

Atocha, y hasta el estacionamiento de Cuatro vientos, no incluido este, donde actualmente existen circuitos de vía tipo TI25 de Bombardier.

- Nuevas señales con equipos de tierra del sistema ASFA (Anuncio de señal y Frenado Automático).
- Telefonía de explotación en todas las señales de entrada y avanzada.

b) Control de Tráfico Centralizado

- Modificaciones en el C.T.C. de Madrid-Chamartín para recoger los cambios producidos como consecuencia de la nueva explotación proyectada en el trayecto Embajadores-Cuatro Vientos.
- Instalación en Aluche de un nuevo interface para el telemando del nuevo enclavamiento.

c) Energía

- Instalación de nuevos centros de transformación reductores telemandados de 10 kVA en las estaciones de Embajadores, Laguna y Aluche.
- Como alimentación alternativa, se proyectarán sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) de 10 kVA.

d) Comunicaciones

Integración de las órdenes de bloqueo y telemando en la red de transmisión digital de fibra óptica con la que actualmente se encuentran equipadas las estaciones.

e) LTB

Para el sistema LTB de la línea de Cercanías C5, cuyo puesto central se encuentra en Atocha, se instalarán nuevos equipamientos en las estaciones de Embajadores, Laguna, Aluche y Cuatro Vientos dado que hay una nueva explotación proyectada. Se modifica el puesto central de Atocha de LTB para recoger los cambios realizados.

f) Obra civil

- Instalación de perchas en túnel, en andén y en la zona de trayecto que discurre entre pantallas de hormigón.
- Cruces de vía mediante canalizaciones hormigonadas.

g) Tendido de una red de cables requeridos para las instalaciones de seguridad, comunicaciones y suministro de energía.

Puesta a tierra de elementos de señalización, cables y edificios técnicos para protección de los sistemas de seguridad y comunicaciones así como de las personas

de mantenimiento y usuarios, cuya configuración será compatible para la futura electrificación de la tracción en corriente alterna.

h) Definición de situaciones transitorias

Son necesarias para mantener el servicio de las circulaciones, planificando y adecuando las obras, con el fin de minimizar las posibles afecciones a la explotación ferroviaria durante el proceso de ejecución de las obras y/o durante las pruebas y puesta en servicio de los nuevos equipos.

A continuación se describen las actuaciones de forma detallada.

2.4.1. Enclavamientos y Bloqueos

Se instalará un nuevo enclavamiento electrónico con un puesto de mando en la estación de Aluche.

En las estaciones de Embajadores y Laguna se instalarán Módulos de Mando de Elementos dependientes de Aluche, con sus correspondientes Módulos Electrónicos de Control de Señales y Módulos de Entrada/Salida. En dichas estaciones también se instalarán puestos de mando local videográficos dependientes del enclavamiento de Aluche.

Asimismo, en las estaciones de Embajadores, Laguna y Aluche se instalarán puestos remotos SAM (Sistema de Ayuda al Mantenimiento).

En la estación de Cuatro Vientos, se ampliará el equipamiento hardware del enclavamiento electrónico existente, tipo EBILock de tecnología Bombardier, para realizar el control y mando de los nuevos elementos de campo que aparecen como consecuencia del banalizado de las señales.

Se han proyectado enclavamientos electrónicos basados en microprocesadores de última generación. Para el diseño de los mismos se han tenido en cuenta los distintos enclavamientos de este tipo aceptados por ADIF e implantados en la red ferroviaria nacional, desarrollando a nivel modular cada una de las funciones básicas que dichos enclavamientos deben realizar.

Esta arquitectura modular permite proyectar con el número de equipos adecuado al tamaño particular de cada estación, así como a los requerimientos de cada instalación. También permite la adición de los elementos necesarios sin afectar al hardware básico, interconectarse directamente con otros sistemas externos o que se utilicen en los enclavamientos eléctricos (contactos de relés, interruptores, manetas, etc.), así como telemandos y relaciones con otros sistemas de bloqueo.

Como se indicaba al principio, se han tenido en cuenta para la definición de las unidades de obra los distintos enclavamientos electrónicos que posean la autorización de suministro y uso en ADIF y de acuerdo a la normativa CENELEC (CAPITULO V. NORMATIVA).

El enclavamiento electrónico aquí desarrollado tiene las siguientes características:

- A nivel de seguridad, responde a un diseño *fail safe* (a prueba de fallos) al máximo nivel de integridad de seguridad, SIL 4, según se determina en las normas CENELEC EN-50129, asegurando que cualquier fallo en su funcionamiento sea

detectado y actúe de modo que se garantice en todo momento que no haya estados inseguros.

Esto se consigue mediante la aplicación de las técnicas aceptadas a tal fin para los sistemas electrónicos: redundancia en el hardware de proceso (sistema 2 de 2), técnicas basadas en la diversidad con redundancia de software, información redundante mediante la duplicación del modo de representación de datos, o como es más común, con una combinación de varias de ellas.

La versatilidad del enclavamiento será tal que en caso de cambiar las condiciones de explotación después de su instalación, su adaptación a la nueva situación pueda realizarse con la sola modificación del software específico de aplicación que describa el funcionamiento lógico del enclavamiento.

2.4.1.1. Embajadores.

En Embajadores se instalará un Módulo de Mando de Elementos dependiente del enclavamiento de Aluche con módulos de tarjetas electrónicas para el control de las señales cableadas desde la cabina.

Todas las señales son de nueva instalación y están centralizadas en cabina, siendo éstas:

- las señales de estación: E4, E2, R2, S1/1, S1/2, S2/1, S2/2, R1, E1 y E3.
- las señales de trayecto que se cablean desde la estación: E'1, E'3, 238, 236, 319, 321, 322 y 324 (en dirección Laguna).

Se sustituyen los circuitos de vía de 50 Hz de trayecto por circuitos de vía de audiofrecuencia sin juntas mecánicas de separación, siendo la nomenclatura de estos últimos: E4A, E2A, E'1, E'3, 319 y 236. En cabina se instalan los equipos de interior de dichos circuitos de vía.

Asimismo, se sustituyen los circuitos de vía de 50 Hz de estación por circuitos de vía de audiofrecuencia: E4, E2, A2, A4, I, II, A1, A3, E1 y E3. En cabina se instalan los equipos de interior de dichos circuitos de vía.

Se instalan nuevos teléfonos para las señales de entrada y avanzada.

2.4.1.2. Laguna.

En Laguna se instalará un Módulo de Mando de Elementos dependiente del enclavamiento de Aluche con módulos de tarjetas electrónicas para el control de las señales cableadas desde la cabina.

Todas las señales son de nueva instalación y están centralizadas en cabina, siendo éstas:

- las señales de estación: E4, E2, R2, S1/1, S1/2, S2/1, S2/2, R1, E1 y E3.
- las señales de trayecto que se cablean desde la estación: 393, 395, E'4 y E'2 (en dirección Embajadores), E'1, E'3, E'4 y E'2 (en dirección Aluche).

Se sustituyen los circuitos de vía de 50 Hz de trayecto por circuitos de vía de audiofrecuencia sin juntas mecánicas de separación, siendo la nomenclatura de estos últimos: 393, 322, E'4, E'2, E'1 y E'3. En cabina se instalan los equipos de interior de dichos circuitos de vía.

Asimismo, se sustituyen los circuitos de vía de 50 Hz de estación por circuitos de vía de audiofrecuencia: E4, E2, A4, A2, I, II, A3, A1, E1 y E3. En cabina se instalan los equipos de interior de dichos circuitos de vía.

Se instalan nuevos teléfonos para las señales de entrada y avanzada.

2.4.1.3. Aluche.

La modernización de las instalaciones de mando y control de Aluche para gestión de la explotación del tráfico ferroviario a través de la estación y de los trayectos de Atocha-Embajadores, Embajadores-Laguna, Laguna-Aluche y Aluche-Cuatro Vientos, consiste en un enclavamiento electrónico que efectúa el mando y control de accionamientos de agujas, enciende y supervisa las señales y recibe informaciones de los circuitos de vía centralizados en la estación y de aquellos puestos dotados con elementos dependientes de Aluche, como los que se proyecta instalar en Embajadores y Laguna.

Todas las señales son de nueva instalación y están centralizadas en cabina, siendo éstas:

- las señales de estación: E4, E2, R2, R4, S1/1, S1/2, S2/1, S2/2, E1, E3.
- las señales de trayecto que se cablean desde la estación: 838 (en dirección Cuatro Vientos).

Se sustituyen los circuitos de vía de 50 Hz de trayecto por circuitos de vía de audiofrecuencia sin juntas mecánicas de separación, siendo la nomenclatura de estos últimos: E4, E2, A4, A2, I, II, E1, E3. En cabina se instalan los equipos de interior de dichos circuitos de vía.

Asimismo, se sustituyen los circuitos de vía de 50 Hz de estación por circuitos de vía de audiofrecuencia: E'4, E'2, S2/2A. En cabina se instalan los equipos de interior de dichos circuitos de vía.

Se instalan nuevos teléfonos para las señales de entrada y avanzada.

2.4.1.4. Cuatro vientos

Actualmente se dispone de un enclavamiento electrónico tecnología Bombardier, tipo EBILock. Se mantendrá dicho enclavamiento, realizando las ampliaciones necesarias en cuanto a hardware de tarjetas y bastidores para el control y mando de los nuevos elementos a instalar en dicha estación (como consecuencia de la banalización de la misma y del trayecto con Aluche).

Todas las señales son de nueva instalación y están centralizadas en cabina, siendo estas:

- las señales de estación: 993, 996, 1011, 1012, S2/1, S2/2, R1, E1 y E3.

- las señales de trayecto que se cablean desde la estación: 840, 897, 899, 916, 941, 914 y 943 (en dirección Aluche), E'1, E'3, 1190, 1335 y 1320 (en dirección Móstoles).

Se instala, asimismo, el equipamiento de interior de los nuevos circuitos de vía de trayecto que se cablean desde dicha cabina. Los nuevos circuitos de vía de audiofrecuencia que sustituyen a los de 50 Hz son: 897A, 897, 838, 941A, 838A, 941, 914, 1011 y 914A. Los circuitos de vía I, II, A3, A1, E'1, 1335 y 1190 son actualmente de audiofrecuencia por lo que se mantienen en su situación actual. El anterior circuito denominado 1322A se convierte en dos nuevos circuitos de audiofrecuencia como consecuencia de incorporar la nueva señal de entrada E3.

Se mantiene el cableado de los circuitos de audiofrecuencia que ya se encuentran instalados, tendiendo una nueva red de cableado para los de nueva instalación.

2.4.2. Equipamiento de circuitos de vía

Se proyecta la instalación de circuitos de vía de audiofrecuencia sin juntas a lo largo del trayecto comprendido entre las señales de entrada de Embajadores (situadas en el punto kilométrico 0/776) y los circuitos de vía de estacionamiento de la estación de Cuatro Vientos, no incluidos éstos ya que actualmente son de tecnología Bombardier tipo TI-21. Asimismo, el anterior circuito denominado 1322A se convierte en dos nuevos circuitos de audiofrecuencia como consecuencia de incorporar la nueva señal de entrada E3.

La detección segura de presencia de trenes y vehículos que circulen por la línea se realizará principalmente mediante circuitos de vía de audiofrecuencia sin juntas mecánicas de separación.

Los circuitos de vía garantizarán una detección segura y precisa de la presencia de trenes y material rodante en los distintos tipos de secciones de vía de la línea, es decir, de trayecto, de estacionamientos, de desvíos, semiescapes, cruzamientos, travesías, etc. Dicha función estará garantizada para todas las condiciones de operación de la línea en cuanto a velocidad, electrificación y material rodante, incluido el parque de máquinas de mantenimiento.

El principio básico de funcionamiento se basará en un emisor de señal que se conecta a los carriles para alimentar la sección de vía en cuestión, y en uno o varios receptores que reciben dicha señal cuando la sección está libre. Al entrar un tren en la sección, sus ejes cortocircuitan los carriles y alguno o todos los receptores dejan de recibir la señal, lo cual se traduce en una indicación de sección de vía ocupada.

Se usarán cables independientes para los emisores y para los receptores. También serán independientes para cada una de las vías.

Los circuitos de vía serán inmunes a las perturbaciones producidas por la corriente de tracción de los sistemas de electrificación.

Serán igualmente, inmunes a las perturbaciones producidas por el material rodante (convertidores, motores, etc.), así como a aquellas producidas por los trenes con sistemas de frenado por corrientes de Foucault, y en general a cualquier sistema instalado en el entorno de la línea: GSM/UMTS público y GSM-R, subestaciones eléctricas, etc.

La tecnología de los circuitos de vía de audiofrecuencia a utilizar permitirá una separación entre secciones de vía adyacentes mediante el uso de juntas de separación eléctricas. No se admitirán juntas de separación mecánicas salvo en los casos previstos de los desvíos: 2 juntas mecánicas para los carriles de unión, y además, en el caso de escapes entre vías generales, otras 2 juntas mecánicas de separación entre los 2 semiescapes, aproximadamente en el centro de unión entre ellos.

De acuerdo con los ensayos efectuados y las recomendaciones dictadas por ADIF, se instalarán lazos de sintonía de aluminio con el fin de evitar su sustracción, al mismo tiempo que se consigue un abaratamiento de los costes.

Los equipos electrónicos de supervisión de estos circuitos se concentrarán en la ampliación de la cabina del enclavamiento. En la vía se situarán las cajas de distribución donde se realizará el entronque de los cables principales y secundarios, y las unidades de conexión de vía de los emisores y receptores.

Para disminuir el tiempo de puesta en servicio de los circuitos de vía de audiofrecuencia que interfieran con los existentes se procederá del modo siguiente:

- Se realizará un ajuste, circuito por circuito, en horas nocturnas y períodos de débil tráfico. Para ello se conectarán los lazos de sintonía que comprendan un circuito en la petaca de unión. Las juntas aislantes encoladas de los circuitos de vía existente, que estén comprendidas dentro del circuito a ajustar, se puentearán en las juntas inductivas y se procederá al ajuste.
- Una vez realizado dicho ajuste se desconectarán los lazos en la petaca de unión y se abrirá el lazo. Asimismo se suprimirán los puentes en las juntas inductivas.

El alcance de los circuitos de vía de audiofrecuencia depende a su vez de la resistencia de balasto que se tome como nominal, es decir, el parámetro distribuido al cual la supervisión del circuito debe ser la correcta, sin que se produzca ocupación intempestiva por cualquier circunstancia, incluidas las variaciones que se producen por cambio de las condiciones ambientales o meteorológicas. La resistencia nominal que se considera para este proyecto es de 2 ohmios/km, resistencia que, por el mantenimiento de la vía, asegura que la resistencia real siempre es superior.

2.4.2.1. Tipología

Cada sección de vía estará equipada con un circuito de vía de audiofrecuencia, estableciéndose varias configuraciones según el tipo de sección de vía:

- Sección de vía de estación y de maniobras constituida generalmente por un emisor y un receptor, cuyo equipamiento de vía estará situado en cada extremo de la sección de vía.
- Sección de vía constituida por un emisor central y 2 receptores, para secciones de vía de trayecto, de estación de gran longitud o de maniobras.

- Sección de vía constituida por un emisor y 2 receptores, para secciones de vía de desvíos y semiescapes, cuyo equipamiento de vía estará situado en cada extremo de la sección de vía. En el caso de desvíos largos, puede ser necesario un circuito de vía adicional para cubrir la longitud requerida.
- Para las secciones de vía de varios desvíos o semiescapes, la configuración del circuito de vía sería necesario disponer de al menos 3 receptores, o bien, disponer de más de un circuito de vía.
- No se admitirá para los circuitos de vía de los desvíos o semiescapes, la conexión en paralelo mediante cables, de los carriles de la vía directa con la vía desviada.

Siempre que se efectúe una acometida de emisión o recepción de circuito de vía en trayecto se instalarán los lazos de sintonía, que equilibrarán y distribuirán las corrientes de retorno de tracción por los dos carriles.

En el proyecto se preverá la eliminación de las juntas aislantes actuales mediante la instalación de cupones de carril de 9 m de longitud, el levante de las juntas inductivas y las actuaciones de bateo y nivelación necesarias.

2.4.2.2. Equipamiento

Los constituyentes del sistema se pueden clasificar en dos grupos:

- Equipos interiores en edificios técnicos o casetas de señalización, que incluyen entre otros:
 - Emisores.
 - Receptores e interfaces de interconexión con el enclavamiento.
 - Fuentes de alimentación.
 - Bastidores.
 - Elementos adicionales necesarios.
- Elementos exteriores en vía, entre los que se incluyen:
 - Juntas eléctricas de separación de circuitos.
 - Lazos o elementos de unión entre carriles, de cobre, que garanticen el retorno de la corriente de tracción por ambos carriles, limitando la diferencia de potencial entre ambos.
 - Cajas de terminales o de conexión.
 - Conexiones de retorno o elementos de equilibrado de la corriente de tracción con cable de cobre, de la corriente de tracción en los desvíos, en las juntas de dilatación, etc.; en general en cualquier punto de la vía que tenga alguna interrupción y sea necesaria continuidad eléctrica.
 - Cables principales y secundarios.

Los equipos interiores se alimentarán a partir del sistema de alimentación ininterrumpida del edificio técnico de señalización.

Los dispositivos instalados en vía incluirán elementos de protección específicos que garanticen una protección efectiva frente a sobretensiones y descargas atmosféricas. Estos dispositivos serán adicionales a las puestas a tierra de los elementos instalados en la vía.

Los circuitos de vía deberán proveer un retorno seguro y equilibrado de la corriente de tracción a través de ambos carriles, lo cual no debe impedir el funcionamiento correcto de los mismos. Para ello, se deben establecer, cada cierta distancia, uniones entre ambos carriles que permitan una distribución uniforme de la corriente de tracción entre los dos carriles, limitando las diferencias de potencial entre ellos a unos valores seguros.

Las uniones entre los carriles podrán consistir en lazos o elementos inductivos que proporcionen una baja impedancia a la frecuencia de 50 Hz de la corriente de tracción. La sección de los conductores de dichos elementos, así como la de los cables que se utilicen para conectarlos a los carriles, se dimensionará de acuerdo a las corrientes máximas previstas en el sistema de electrificación.

2.4.3. Elementos de campo

Todos los elementos de campo de nueva instalación se han proyectado del tipo homologado por ADIF.

El enclavamiento electrónico proyectado en el ámbito de este proyecto realizará el control y supervisión de cantones de vía así como de elementos de campo, tales como:

- Señales: Sirven de transmisión de órdenes a los maquinistas mediante el código de colores y aspectos definidos en el Reglamento General de Circulación. Las señales llevan asociados elementos del sistema ASFA, que es otro modo de transmisión de las citadas órdenes, dependiendo del aspecto de la señal. Algunas señales se dotarán de teléfono para poder comunicarse con el jefe de circulación.
- Accionamientos eléctricos de agujas que sirven para establecer las rutas o itinerarios mediante el movimiento de las agujas de los desvíos y comprobar el acoplamiento en la posición solicitada de los desvíos.
- Cerraduras eléctricas: Contienen y supervisan la llave que, mediante su autorización, permite el accionamiento a través de marmitas de las agujas y calces.
- Comprobadores eléctricos: Supervisan el acoplamiento de las agujas movidas manualmente de un desvío, parte de una travesía o de un desvío con comprobador adicional y se encuentren incluidas en la ruta asegurada por el enclavamiento de la circulación.

A continuación, se describen los elementos de campo considerados en este proyecto.

2.4.3.1. Señales y ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático)

Los tipos de señales a instalar son los que se detallan a continuación:

- Señales de entrada: altas de tres focos con piloto auxiliar blanco.
- Señales de avanzada: altas de tres focos, complementadas con pantallas alfanuméricas indicadoras de velocidad por agujas y velocidad de preanuncio de parada.
- Señales de salida: altas de tres focos, con piloto auxiliar blanco cuando se instalen en vías generales y bajas de cuatro focos (rojo, blanco, verde y amarillo) cuando se instalen en vías secundarias.
- Señales de bloqueo: altas de tres focos (rojo, verde y amarillo).
- Señales de retroceso: bajas de cuatro focos (rojo y tres blancos).
- Pantallas alfanuméricas: indicadores de velocidad o desvío montadas en mástil de señal alta, señal baja o mástil individual

El número y tipo de indicaciones de las pantallas de señal de avanzada o señal con pantalla se corresponden con:

- Paso por desviada en las agujas de entrada y velocidad a su paso.
- Amarillo + indicación de velocidad por falta de distancia de frenado entre las señales siguientes consecutivas.

Sistema A.S.F.A.

Se ha proyectado la instalación de los equipos de tierra del sistema A.S.F.A. en todas las señales, a excepción de las señales de retroceso y maniobra, según se refleja en el Programa de Explotación de ADIF, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las señales de salida se dotarán de baliza de señal, situada a pie de la señal, a una distancia máxima de 5 metros y de baliza previa por indicación de ADIF. Las señales de entrada, avanzada y bloqueo dispondrán, además de la baliza de señal, de una baliza previa situada a unos 300 metros antes de la señal, distancia que variará en función de la declividad del terreno.
- Para fijar las distancias entre la baliza de señal y su correspondiente baliza previa, se tendrá en cuenta el plano de perfiles de la línea, aplicando la tabla de longitudes equivalentes a 300 metros que figura en el apartado 17 de la norma NAS 800 sobre "Explotación y Seguridad de Enclavamientos Eléctricos".

- La interconexión entre las balizas y la cabeza de la señal correspondiente se realizará mediante unidades de conexión, las cuales serán sencillas en aquellas señales que proporcionan solamente indicaciones individuales: verde, rojo, amarillo; dobles en aquellas señales que también proporcionen la indicación doble verde-amarillo.
- Las unidades de conexión se montarán en el mástil de la señal correspondiente, o sobre un mástil auxiliar en el caso de señales bajas de salida o señales sobre pescante.

2.4.3.2. Accionamientos eléctricos

Los accionamientos eléctricos existentes son normalizados por ADIF y responden a la norma 03.365.401.3 para el suministro y homologación de accionamientos eléctricos de agujas, por lo que no se sustituirán.

Para limitar la potencia simultánea, el movimiento de las agujas será secuenciado.

2.4.4. Control de Tráfico Centralizado

El mando de las Instalaciones de Seguridad se puede ejecutar desde el puesto de mando local situado en Cuatro Vientos y Aluche, desde los puestos de mando locales dependientes de Aluche que se situarán en Embajadores y Laguna, o bien desde el Puesto Central de C.T.C. de Madrid-Chamartín. Esto último permite una mejor regulación y coordinación de las circulaciones; así como, minimizar los costes de explotación de la gestión del tráfico.

La modificación del telemando será conforme a lo dispuesto en la norma NRS 01 “Norma funcional y Técnica para sistemas de Control de Tráfico Centralizado”.

Se modificará el software actual para seguir gestionando el tráfico del tramo desde el Puesto Central, y se añadirán las imágenes correspondientes a las modificaciones de los enclavamientos de Aluche y Cuatro Vientos, y los bloqueos establecidos de Aluche con Atocha y Cuatro Vientos. Esta modificación se realizará de acuerdo con las siguientes normas:

- Norma Funcional y Técnica para Sistemas de Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.) NRS-01.
- Norma Funcional del Interface de Usuario para Operadores y Supervisores de Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.) NRS-02.
- Norma de Sistemas Videográficos NSV-93”.

En los ordenadores centrales de gestión residirán las bases de datos en tiempo real y los datos históricos.

El software a implementar en el puesto central comprenderá la modificación de las siguientes áreas:

- Mandos.
- Programación automática de itinerarios.

- Representación gráfica.
- Definición y asignación de zonas de control.
- Numeración y seguimiento de trenes.
- Gestión de alarmas relacionadas con la explotación.
- Base de datos de explotación.
- Gestión de alarmas intrínsecas al sistema.
- Registro histórico de eventos.
- Comunicaciones.

Se ha previsto realizar las actuaciones necesarias para integrar el mando y las indicaciones en el Puesto Central de los nuevos elementos de campo (señales y circuitos de vía) y la funcionalidad de los bloqueos consecuencia de la nueva explotación proyectada en las estaciones objeto del proyecto.

La comunicación entre el Puesto de Central de C.T.C. y los enclavamientos se realiza a través del sistema de transmisión digital (mediante la fibra óptica).

2.4.5. Sistema LZB

La nueva explotación de las estaciones de Embajadores, Laguna, Aluche y Cuatro Vientos debe ser repercutida en el sistema de Conducción Automática-LZB del que actualmente dispone la línea C5 de Cercanías Madrid.

No es necesario modificar la programación de los equipos instalados en las unidades o vehículos. No obstante, las pruebas de la modificación del sistema LZB se realizarán contando con la interacción de todos los componentes del sistema, incluidos los vehículos equipados en vía, para verificar la seguridad del sistema.

Para implementar dicha explotación se proyectará la modificación del software existente en la Central de LZB, situada en Atocha-Madrid, ya que se introducirán los estados de las nuevas señales requeridas para la banalización del trayecto.

Para la captura de las informaciones de las nuevas señales se emplean grupos de relés denominados grupos de captación. La introducción de dichas informaciones al sistema LZB se realiza mediante tarjetas de entrada. Los grupos de captación sirven de interface entre el enclavamiento y el bastidor de telemando del LZB que transmite las informaciones a la central del sistema situada en Atocha.

2.4.6. Telefonía de explotación

Se proyectará la instalación nuevos teléfonos de señal en las señales de entrada y en las señales de avanzada.

La telefonía de explotación prestará la funcionalidad de los circuitos de:

- Circuito selectivo: Establece y recibe llamadas de y con el C.T.C., y con las señales, pasos a nivel y subestaciones.
- Teléfonos de señales.

- Circuitos de la vía: Establece comunicación de emergencia entre un punto de la vía férrea y la estación más cercana.
- Circuito escalonado entre estaciones colaterales.

2.4.7. Obra civil. Red de zanjas y canalizaciones

A lo largo de todo el trayecto objeto del proyecto, el tendido de los cables necesarios se realizará perchando los cables a los hastiales del túnel, a las pantallas de hormigón en el caso del trayecto dependiente de Cuatro Vientos y en los andenes de las estaciones.

Para la realización de la red de zanjas y canalizaciones se ha tenido presente en todo momento lo dispuesto en la “Norma sobre los sistemas de tendido subterráneo de cables”, NAS 310+MOD1, publicada por ADIF en octubre de 1994 y modificada en enero de 1999.

Para los cables de energía, comunicaciones y subconductos la acometida a los edificios técnicos se realizará con doce tubos de polietileno y mediante cámaras de registro tipo grande.

En las cámaras se ha proyectado la instalación de perchas de 6 fichas para la fijación de los cables de energía, señalización y comunicaciones, al paso por las mismas.

Asimismo, se realizarán los cruces de vía necesarios como consecuencia de la nueva disposición de los elementos de campo, dichos cruces de vía se realizarán mediante canalización hormigonada de 2 tubos de polietileno terminados en arquetas de tipo mediano.

Dichos cruces, así como la canalización para tendido de cables secundarios, se realizarán a la profundidad que marca la Norma sobre Sistemas de Tendido Subterráneo de Cables NAS 310 de octubre de 1994. El límite superior del hormigón de las canalizaciones que crucen las vías estará situado a 1,05 m de la superficie inferior de las traviesas.

Las zanjas para tendido de cables secundarios tendrán una profundidad de 0,8 a 1,1 m, colocando una malla de plástico, de color amarillo fuerte de unos 20 a 40 cm de anchura, a lo largo de la zanja y a unos 40 cm por encima del cable o cables, para la prevención y aviso de la situación del cable.

Una vez terminado el tendido de los cables por la canalización, todos los conductos, tanto los ocupados como los vacíos, se sellarán en las cámaras o entrada a los edificios por medio de tapones tronco-cónicos de polietileno flexible, con el objeto de evitar su inutilización por obstrucción del conducto por depósito de lodos y tierras. Esta operación evitará la circulación de roedores, tan dañinos para los cables.

2.4.8. Tendido de cables y cajas de terminales

Se han previsto todos los cables necesarios, tanto los de las instalaciones de señalización como los de comunicaciones y energía, a fin de realizar un tendido conjunto con la siguiente reducción de costes.

En todas las estaciones se realizará el tendido de cables en estación y trayecto para todas las señales y aparatos de vía, así como para los nuevos circuitos de vía a instalar. En el caso de Cuatro Vientos, no se tenderán cables nuevos para los circuitos de audiofrecuencias existentes. Asimismo, se prevé la retirada de todos los cables antiguos que queden sin uso.

Se distinguen entre cables principales y secundarios; siendo los cables principales los que se tienden a lo largo del trayecto y en estación entre cajas de conexión, y los cables secundarios los que se tienden entre las cajas de conexión y los equipos de vía.

Los cables para instalaciones de señalización, tanto los principales como los secundarios, son de tipo normalizado por ADIF, con conductores de cobre de $1,5 \text{ mm}^2$ de sección, aislamiento de termoplástico ignífugo y cubierta EATST (Estanca de Aluminio, Termoplástico ignífugo, Acero, Termoplástico ignífugo). En el caso del trayecto Atocha-Embajadores los cables a utilizar serán de tipo CCTSST (pantalla de Cinta de Cobre, Termoplástico ignífugo, Flejes de Acero, Termoplástico ignífugo) con factor de reducción 0,3.

Los cables para alimentación a los circuitos de vía de audiofrecuencia, son de cuadretes apantallados, del tipo normalizado por ADIF, con conductores de cobre de $1,4$ y $0,9 \text{ mm}^2$ de sección para cables principales y secundarios respectivamente, aislamiento de polietileno y cubierta EATST (Estanca de Aluminio, Termoplástico ignífugo, Acero, Termoplástico ignífugo). En el caso del trayecto Atocha-Embajadores los cables de cuadretes a utilizar serán de tipo CCTSST (pantalla de Cinta de Cobre, Termoplástico ignífugo, Flejes de Acero, Termoplástico ignífugo) con factor de reducción 0,3 para la sección de $1,4$ y factor de reducción 0,1 para la sección de $0,9$. En la Figura 12 se muestra un cable principal de 3 cuadretes ($3 \times 4 \times 1,4 \text{ FR } 0,3$).



Figura 12. Cable $3 \times 4 \times 1,4 \text{ FR } 0,3$. Fuente: [4]

Los cables para la telefonía de explotación son del tipo EATST de cuadretes de $0,9 \text{ mm}$ de diámetro. En el caso del trayecto Atocha-Embajadores los cables para la telefonía de explotación a utilizar serán de tipo CCTSST (pantalla de Cinta de Cobre, Termoplástico ignífugo, Flejes de Acero, Termoplástico ignífugo) con factor de reducción 0,1.

Los cables dispondrán de una toma de tierra, quedando un extremo de la armadura puesta a tierra y el otro aislado. En ningún caso habrá dos extremos de la pantalla del mismo vano o tramo de bobina puesta a tierra. El otro extremo quedará aislado con respecto a tierra, para no poner en peligro al cable, o se dará continuidad en el empalme con el extremo aislado en el siguiente empalme.

Para diseñar la red de distribución de cables se han seguido los criterios siguientes:

- No se han utilizado cables con un número de conductores superior a 48 por su difícil manejo, al tratarse de cables armados.

- Se han establecido, como mínimo, las siguientes reservas de conductores en los cables generales:
 - Un 10% cuando el cable se tiende por cualquier medio de tendido de cables: percha, canalización, zanja, etc.

La longitud de concatenación o continuidad de empalmes de pantalla-armadura no excederá de 1.000 metros para impedir que la tensión inducida pantalla-armadura que pueda ser provocada por líneas próximas en corriente alterna alcance valores peligrosos (superiores a 60 V) para las personas.

Resultante de todo ello quedará un extremo puesta a tierra y el otro aislado sin sobrepasar dicha longitud, y sin tierras intermedias.

Con ese criterio, en los cables de 14x4x0,9 mm² o de 19x4x0,9 mm² y una longitud de bobinas de 460 m. se pondrán tierras cada dos empalmes.

Del mismo modo sucede con los cables de cuadretes mayores o iguales a 3x4x1,4 mm².

Para el resto de cables, cuando la longitud de la bobina sea mayor de 500 m., se instalará una pica en cada empalme (con la pantalla y armadura puestas a tierra, y el otro extremo aislado).

En ningún caso habrá dos extremos de la pantalla (del mismo vano o tramo de bobina) puestos a tierra.

Tendrán prioridad de conexión a tierra los extremos de las pantallas y armaduras de los cables en las cabinas de enclavamiento o edificios técnicos con respecto a las situadas en exterior.

En las cajas de terminales, en cada vano o tramo, las pantallas y armadura se conectarán a tierra en un extremo, quedando el otro extremo de ambas aislado respecto a tierra.

Se realizarán las medidas de prevención para verificar que ninguna pantalla o armadura esté sometida a niveles de tensión peligrosos.

Se instalarán nuevas cajas de terminales para la distribución de cables de señalización, incluyendo toma de tierra en cada una de ellas.

Para la distribución de cables de los circuitos de audiofrecuencia, se proyectan nuevas cajas de terminales independientes, y éstas serán diferentes para los cables de emisión y para los cables de recepción.

2.4.9. Levantes, desmontajes y traslados

Se contempla el levante y desmontaje de todas las instalaciones que queden fuera de servicio.

El proceso de levante y desmontaje será progresivo según queden fuera de servicio las señales, aparatos, elementos de vía, armarios y equipos de interior.

Los elementos de campo que se desmontan corresponden casi a la totalidad del equipamiento de instalaciones de seguridad y comunicaciones existente en las estaciones.

Dentro de los elementos a desmontar se destaca:

- Cuadro de mando y equipamiento de interior y exterior de las instalaciones de señalización existentes (bastidores de relés, armarios de campo y los equipos montados en ellos).
- Señales existentes.
- Circuitos de vía de 50 Hz.
- Telefonía de explotación.
- Centro de transformación de estación.

2.4.10. Ingeniería y pruebas

Se ha previsto la valoración de la ingeniería de aplicación específica correspondiente a los enclavamientos, bloqueos, modificación del telemando y LZB.

También se han previsto las partidas necesarias para las pruebas y puesta en servicio, que englobarán todas las pruebas y medidas lógicas, funcionales, físicas y eléctricas, de acuerdo con lo establecido en el presente proyecto y las normas y especificaciones de ADIF.

2.4.11. Plan de puesta en servicio

La puesta en servicio de las nuevas instalaciones se ejecutará de forma progresiva y sin interrupción del tráfico ferroviario, poniendo en servicio e incorporando en el C.T.C. de Madrid-Chamartín los siguientes trayectos y estaciones:

- Embajadores-Laguna-Aluche.
- Cuatro Vientos.

Antes de comenzar la puesta en servicio de las instalaciones de señalización y C.T.C. en el Puesto Central de C.T.C. de Madrid-Chamartín, se habrán realizado los siguientes trabajos y pruebas:

- En campo estarán instalados y probados todos los elementos del trayecto entre Embajadores y Aluche.
- Se habrá realizado en la estación de Aluche, donde se ubicará el enclavamiento, y en las estaciones de Laguna y Embajadores, donde existirán módulos de mando de objetos dependientes de Aluche, todas las modificaciones de cabina y pruebas que sean posibles sin alterar la funcionalidad actual, y se dejarán preparadas las modificaciones necesarias hasta donde sea posible, igualmente sin alterar la funcionalidad actual.
- Se habrán instalado los puestos de mando locales de Aluche (principal), Laguna (dependiente de Aluche) y Embajadores (dependiente de Aluche) en sus

respectivos gabinetes de circulación, incorporando los mandos e indicaciones correspondientes al nuevo bloqueo B.A.B.

- Se habrán realizado las pruebas previas del nuevo enclavamiento de Aluche y de los módulos de mando de objetos situados en Embajadores y Laguna. Todas las informaciones que los actuales elementos de campo llevan a los enclavamientos eléctricos de tecnología de relés se llevarán al nuevo enclavamiento electrónico.

El inicio de la puesta en servicio comenzará con el módulo de mando dependiente de Aluche y situado en Embajadores, incorporando los accionamientos eléctricos existentes al nuevo enclavamiento. La puesta en servicio de los circuitos de vía comenzará con los circuitos de vía de entrada (lado Atocha) para que se puedan realizar los itinerarios de entrada. De igual forma se procederá con el módulo de mando situado en Laguna y con el propio enclavamiento situado en Aluche.

De forma similar a la descrita para el tramo Embajadores-Aluche se realizará la puesta en servicio de las modificaciones a realizar en el enclavamiento electrónico de Cuatro Vientos.

El programa de trabajo de las obras se incluye en el Capítulo IV y está contenido en un diagrama de barras (Diagrama de GANTT). En él se indican y se especifican los intervalos de tiempo, así como la relación entre los mismos para la realización de las distintas operaciones necesarias para la consecución de las obras e instalaciones objeto de este proyecto.

El plazo total para la ejecución del conjunto de las obras e instalaciones a que se refiere este proyecto se ha estimado en 18 meses.

CAPÍTULO III

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

En este apartado se incluyen análisis justificativos de soluciones adoptadas y los cálculos y criterios utilizados para dimensionar los distintos apartados del proyecto.

3.1. RED DE CABLES Y CAJAS DE TERMINALES

Para el diseño de la red de cables en estaciones y trayectos se distinguirá entre cables principales y secundarios, siendo los cables principales los que se tienden entre cabinas, armarios y cajas de conexión, y los cables secundarios los que acometen directamente a los equipos de vía.

Los cables para instalaciones de señalización, tanto los principales como los secundarios, serán de tipo normalizado por ADIF, con conductores de cobre de 2, 4, 7, 9, 12, 19, 27, 37 y 48 conductores de 1,5 mm² de sección, con aislamiento de material Termoplástico y cubierta de tipo E.A.T.S.T (Estanca de Aluminio, Termoplástico ignífuga, Acero, Termoplástico ignífuga) para el caso de túneles y estaciones. En el trayecto Atocha-Embajadores se emplearán cables con cubierta de tipo CCTSST FR 0,3 (CC Pantalla de cinta de cobre, T primera cubierta Termoplástico ignífugo tipo polietileno de baja densidad, SS flejes de acero, T segunda cubierta de Termoplástico ignífugo tipo polietileno de baja densidad, FR factor de reducción), debido a la proximidad de la catenaria de alta velocidad.

Los cables para los circuitos de vía y para la telefonía de explotación son del tipo E.A.T.S.T. de 1, 3, 5, 7, 10 y 14 cuadretes (se utilizará el símbolo # cuando se trate de cables de cuadretes) de 1,4 ó 0,9 mm², y en el caso del trayecto Atocha-Embajadores serán de tipo CCTSST FR 0,1.

Los empalmes de los distintos cables utilizados se realizarán con los métodos homologados por ADIF y se considerarán las siguientes distancias de empalmes:

- Cable de comunicaciones < 14 # y de circuitos de vía 1 #: cada 920 m.
- Cable de circuitos de vía restantes: cada 460 m.
- Cable de comunicaciones de 19 y 25 #: cada 460 m.
- Cable de señalización hasta 37 conductores: cada 1.000 m.
- Cable de señalización de 48 conductores: cada 750 m.
- Cable de energía para líneas de 2.200 V: cada 800 m.

Para diseñar la red de distribución de cables se utilizarán los criterios siguientes:

- No se utilizarán cables con un número de conductores superior a 48 por su difícil manejo, al tratarse de cables armados.
- Se establecerán, como mínimo, las siguientes reservas de conductores:
 - Un 10% cuando el cable se tiende por canalización o percha y un 20% cuando el cable se tiende por zanja.

- En mediciones se preverá un incremento mínimo del 10% al objeto de prever curvas, gradientes, etc. Este incremento podrá aumentarse tras detectar en el replanteo dificultades para la traza de zanjas y canalizaciones.
- El número de conductores necesarios para cada elemento se obtiene de las características de funcionamiento de cada elemento y de las especificaciones en uso. Para el caso de los accionamientos eléctricos de aguja, y puesto que se utilizan sólo cables normalizados, y a fin de evitar que la caída de tensión influya en el correcto funcionamiento del motor de los accionamientos eléctricos, se aumenta la sección de los circuitos de potencia de acuerdo con la distancia.
- Los cables principales se fijarán agrupando los cables secundarios correspondientes a varios elementos, próximos geográficamente entre sí, para obtener un cable con mayor número de conductores que los enlace con otra caja de conexión o directamente con la cabina.
- Los cables principales de los circuitos de vía tipo audiofrecuencia estarán formados por cables apantallados con conductores agrupados en cuadretes de 1,4 mm² de sección. Las redes de cables de dichos circuitos de vía serán disjuntas de cualquier otra, y así mismo las emisiones y recepciones serán establecidas por redes diferentes. Los cables secundarios estarán formados por cables de 1 x 4 x 0,9 mm de diámetro, acometiendo a la caja de sintonía desde la caja de terminales correspondiente.

Con los criterios anteriores se han fijado los cables secundarios para cada elemento, que junto con el número de conductores necesarios se reflejan en la Tabla 1.

ITEM	DENOMINACIÓN	CONDUCTORES NECESARIOS EN CABLE GENERAL	CABLE SECUNDARIO	OBSERVACIONES
1	SEÑAL DE ENTRADA 3 FOCOS + BLANCO	8 x 1,5	9 x 1,5	Hasta 6.000 m
2	SEÑAL DE ENTRADA O AVANZADA 3 FOCOS	6 x 1,5	7 x 1,5	" "
3	SEÑAL AVANZADA 2 FOCOS	4 x 1,5	4 x 1,5	" "
4	SEÑAL DE BLOQUEO 3 FOCOS	6 x 1,5	7 x 1,5	" "
5	SEÑAL DE SALIDA 2 FOCOS + BLANCO	6 x 1,5	7 x 1,5	" "
6	SEÑAL DE SALIDA 3 FOCOS + BLANCO	8 x 1,5	9 x 1,5	" "
7	SEÑAL BAJA SENCILLA 2 FOCOS	4 x 1,5	4 x 1,5	" "
8	SEÑAL BAJA DOBLE 4 FOCOS	8 x 1,5	9 x 1,5	" "
9	SEÑAL DIRECCIONAL 2 DIRECCIONES	6 x 1,5	7 x 1,5	" "
10	SEÑAL DIRECCIONAL 3 DIRECCIONES	8 x 1,5	9 x 1,5	" "
11	ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO SIN MANDO LOCAL	4 x 1,5 7 x 1,5 10 x 1,5 13 x 1,5	4 x 1,5 9 x 1,5 12 x 1,5 19 x 1,5	Hasta 200 m Más 250 m menos 500 Más 500 m menos 750 Más 750 m menos 1000
12	ACCIONAMIENTO ELECTROHIDRAULICO (TRIFASICO)	4 x 1,5 4 X 1,5	4 x 1,5 4 X 1,5	Hasta 2,5 km (con 3.800 N) Hasta 4,5 km (con 4.500 N)
13	CERROJO ELÉCTRICO O CERRADURA ELÉCTRICA	8 x 1,5	9 x 1,5	
14	COMPROBADOR DOBLE	6 x 1,5	7 x 1,5	Comprobador sencillo 4 x 1,5
15	PASO A NIVEL	12 x 1,5	19 X 1,5	
16	SEÑAL FIBRA ÓPTICA 1 INDICACIÓN 2 INDICACIONES 3 INDICACIONES 4 INDICACIONES	2 x 1,5 4 x 1,5 6 x 1,5 8 x 1,5	4 x 1,5 4 x 1,5 7 x 1,5 9 x 1,5	Hasta 2.000 m " " " " " "
17	TELÉFONO DE SEÑAL	2 x 0,9	1 x 4 x 0,9	
18	TELÉFONO AGUJAS	2 x 0,9 + 4x1,5	1x4x0,9 + 4x1,5	

Tabla 1. Cables secundarios.

3.2. CÁLCULO DEL NÚMERO DE BASTIDORES DE CIRCUITOS DE VÍA

El proyecto contempla la instalación de nuevos circuitos de vía de audiofrecuencia sin juntas mecánicas de separación en las estaciones de Embajadores, Laguna, Aluche y Cuatro Vientos. En esta última ya existen instalados circuitos de audiofrecuencia tipo TI-21 de Bombardier, en el lado Móstoles y hasta el estacionamiento de Cuatro Vientos.

En cada una de las estaciones se instalarán los equipos de interior correspondientes a los circuitos de vía que dependen de dicha estación. En cada bastidor de circuitos de vía hay espacio disponible para 9 racks de circuitos de vía y una unidad de protección contra cortocircuito.

En las Tablas 2, 3, 4 y 5 aparecen el número de bastidores de circuitos de vía necesarios para las estaciones de Embajadores, Laguna, Aluche y Cuatro Vientos respectivamente.

Para la elaboración de estas tablas se sigue el razonamiento mostrado a continuación:

- Se hace un recuento en los planos de los equipos interiores de circuitos de vía sin juntas.
- Se toma el inmediato número múltiplo de 9 ya que es la capacidad de los racks (por ejemplo, si se cuentan 24 equipos interiores se tomará el número 27).
- Por último se divide ese número entre 9 para obtener el número de bastidores de racks de circuitos de vía (en el ejemplo sería $27/9=3$).

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Nº MÓDULOS
	Número de equipos interiores de C.V. sin juntas.	16
	Número de unidades protección cortocircuitos	2
B.C.V.	Nº BASTIDORES DE RACKS DE CIRCUITOS DE VIA	2
B.I.C.	BASTIDOR PARA INTERCONEXIÓN CABLES	1
	TOTAL BASTIDORES CIRCUITOS DE VÍA SIN JUNTAS	3

Tabla 2. Enclavamiento de Embajadores. Número de bastidores.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Nº MÓDULOS
	Número de equipos interiores de C.V. sin juntas.	16
	Número de unidades protección cortocircuitos	2
B.C.V.	Nº BASTIDORES DE RACKS DE CIRCUITOS DE VIA	2
B.I.C.	BASTIDOR PARA INTERCONEXIÓN CABLES	1
	TOTAL BASTIDORES CIRCUITOS DE VÍA SIN JUNTAS	3

Tabla 3. Enclavamiento de Laguna. Número de bastidores.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Nº MÓDULOS
	Número de equipos interiores de C.V. sin juntas.	11
	Número de unidades protección cortocircuitos	2
B.C.V.	Nº BASTIDORES DE RACKS DE CIRCUITOS DE VIA	2
B.I.C.	BASTIDOR PARA INTERCONEXIÓN CABLES	1
	TOTAL BASTIDORES CIRCUITOS DE VÍA SIN JUNTAS	3

Tabla 4. Enclavamiento de Aluche. Número de bastidores.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Nº MÓDULOS
	Número de equipos interiores de C.V. sin juntas.	11
	Número de unidades protección cortocircuitos	2
B.C.V.	Nº BASTIDORES DE RACKS DE CIRCUITOS DE VIA	2
B.I.C.	BASTIDOR PARA INTERCONEXIÓN CABLES	1
	TOTAL BASTIDORES CIRCUITOS DE VÍA SIN JUNTAS	3

Tabla 5. Enclavamiento de Cuatro Vientos. Número de bastidores.

3.3. CÁLCULO DEL NÚMERO DE TARJETAS DE LOS ENCLAVAMIENTOS

El proyecto contempla la instalación de un nuevo enclavamiento electrónico en la estación de Aluche y controladores de objetos, dependientes de Aluche, con sus correspondientes Módulos Electrónicos de Control de Señales y Módulos de Entrada/Salida en las estaciones de Embajadores y Laguna.

Asimismo, también se contempla la ampliación del actual enclavamiento electrónico existente en Cuatro Vientos, de tecnología Bombardier, para dar cabida a los nuevos elementos a controlar desde dicha estación.

En las Tablas 6, 7, 8 y 9 se muestran los nuevos equipamientos relativos a enclavamientos a instalar en las estaciones de Embajadores, Laguna, Aluche y Cuatro Vientos respectivamente.

DENOMINACIÓN DE ELEMENTOS	Entradas/Salidas por Elemento		
	ENTRADAS	SALIDAS	TOTAL
DESVÍO SENCILLO O CALCE DESCARRILADOR	2	3	-
ESCAPE y/o AGUJA/CALCE	4	3	2
DESVÍO CON COMPROBADOR	2	0	-
SEÑALES DE 5 FOCOS	5	5	-
SEÑALES DE 4 FOCOS	4	4	6
SEÑALES DE 3 FOCOS	3	3	12
SEÑALES DE 2 FOCOS	2	2	-
PANTALLA 1 INDICACIÓN	1	1	-
PANTALLA 2 INDICACIONES	2	2	-
PANTALLA 3 INDICACIONES	3	3	-
PANTALLA 4 INDICACIONES	4	4	-
CIRCUITOS DE VIA	1	0	16
PEDALES CONTADORES DE EJES	3	1	-
PASOS A NIVEL	3	3	-
MANIOBRA LOCAL	0	4	-
SENSORES DE RUEDA	2	-	2
BLOQUEO ELECTRÓNICO SERIE (Por banda y vía)	-	-	-
SISTEMAS EXTERNOS (A determinar)			
TOTAL ELEMENTOS DE CAMPO + 10 %			38
ENTRADAS VITALES + 10 %			93
SALIDAS VITALES + 10 %			73
Unidad central de proceso	Hasta 6 Controladores de campo		-
Unidad central de proceso pequeña	65 elementos y 200/160 E/S		-
Controlador elementos de campo	50 elementos y 160/128 E/S		1
Rack para el alojamiento de tarjetas vitales o no vitales (15 tarjetas)			2
Módulo para encendido y control de señales (6 Focos)			11
Módulo de entradas para comprobación de elementos (12 E)			3
Módulo de salidas para mando de elementos de campo (8 S)			1
Módulo de comunicaciones vitales de bloqueo			2
Módulo no vital de control de interface con el C.T.C			-
Módulo no vital para control de 2 monitores			1
Módulo no vital para control de 4 monitores			-
Módulo de control de 32 E/S no vitales	Según sistemas externos		-
Módulo del sistema de ayuda al mantenimiento y diagnosis			1
Registrador jurídico			-
Bastidor de equipos de enclavamiento			2
Bastidor de energía			1
Bastidor de entrada y distribución de cables			1
Bastidor único de energía y distribución de cables			-

Tabla 6. Enclavamiento de Embajadores. Equipamiento.

DENOMINACIÓN DE ELEMENTOS	Entradas/Salidas por Elemento		
	ENTRADAS	SALIDAS	TOTAL
DESVÍO SENCILLO O CALCE DESCARRILADOR	2	3	-
ESCAPE y/o AGUJA/CALCE	4	3	2
DESVÍO CON COMPROBADOR	2	0	-
SEÑALES DE 5 FOCOS	5	5	-
SEÑALES DE 4 FOCOS	4	4	6
SEÑALES DE 3 FOCOS	3	3	12
SEÑALES DE 2 FOCOS	2	2	-
PANTALLA 1 INDICACIÓN	1	1	-
PANTALLA 2 INDICACIONES	2	2	-
PANTALLA 3 INDICACIONES	3	3	-
PANTALLA 4 INDICACIONES	4	4	-
CIRCUITOS DE VIA	1	0	16
PEDALES CONTADORES DE EJES	3	1	-
PASOS A NIVEL	3	3	-
MANIOBRA LOCAL	0	4	-
SENSORES DE RUEDA	2	-	-
BLOQUEO ELECTRÓNICO SERIE (Por banda y vía)	-	-	-
SISTEMAS EXTERNOS (A determinar)			
TOTAL ELEMENTOS DE CAMPO + 10 %			38
ENTRADAS VITALES + 10 %			93
SALIDAS VITALES + 10 %			73
Unidad central de proceso	Hasta 6 Controladores de campo		-
Unidad central de proceso pequeña	65 elementos y 200/160 E/S		-
Controlador elementos de campo	50 elementos y 160/128 E/S		1
Rack para el alojamiento de tarjetas vitales o no vitales (15 tarjetas)			2
Módulo para encendido y control de señales (6 Focos)			11
Módulo de entradas para comprobación de elementos (12 E)			3
Módulo de salidas para mando de elementos de campo (8 S)			1
Módulo de comunicaciones vitales de bloqueo			-
Módulo no vital de control de interface con el C.T.C			-
Módulo no vital para control de 2 monitores			1
Módulo no vital para control de 4 monitores			-
Módulo de control de 32 E/S no vitales	Según sistemas externos		-
Módulo del sistema de ayuda al mantenimiento y diagnosis			1
Registrador jurídico			-
Bastidor de equipos de enclavamiento			2
Bastidor de energía			1
Bastidor de entrada y distribución de cables			1
Bastidor único de energía y distribución de cables			-

Tabla 7. Enclavamiento de Laguna. Equipamiento.

DENOMINACIÓN DE ELEMENTOS	Entradas/Salidas por Elemento		
	ENTRADAS	SALIDAS	TOTAL
DESVÍO SENCILLO O CALCE DESCARRILADOR	2	3	-
ESCAPE y/o AGUJA/CALCE	4	3	-
DESVÍO CON COMPROBADOR	2	0	-
SEÑALES DE 5 FOCOS	5	5	-
SEÑALES DE 4 FOCOS	4	4	3
SEÑALES DE 3 FOCOS	3	3	6
SEÑALES DE 2 FOCOS	2	2	-
PANTALLA 1 INDICACIÓN	1	1	-
PANTALLA 2 INDICACIONES	2	2	-
PANTALLA 3 INDICACIONES	3	3	-
PANTALLA 4 INDICACIONES	4	4	-
CIRCUITOS DE VIA	1	0	11
PEDALES CONTADORES DE EJES	3	1	-
PASOS A NIVEL	3	3	-
MANIOBRA LOCAL	0	4	-
SENSORES DE RUEDA	2	-	-
BLOQUEO ELECTRÓNICO SERIE (Por banda y vía)	-	-	-
SISTEMAS EXTERNOS (A determinar)			
TOTAL ELEMENTOS DE CAMPO + 10 %			22
ENTRADAS VITALES + 10 %			46
SALIDAS VITALES + 10 %			33
Unidad central de proceso	Hasta 6 Controladores de campo		-
Unidad central de proceso pequeña	65 elementos y 200/160 E/S		-
Controlador elementos de campo	50 elementos y 160/128 E/S		-
Rack para el alojamiento de tarjetas vitales o no vitales (15 tarjetas)			2
Módulo para encendido y control de señales (6 Focos)			6
Módulo de entradas para comprobación de elementos (12 E)			2
Módulo de salidas para mando de elementos de campo (8 S)			1
Módulo de comunicaciones vitales de bloqueo			2
Módulo no vital de control de interface con el C.T.C			1
Módulo no vital para control de 2 monitores			1
Módulo no vital para control de 4 monitores			-
Módulo de control de 32 E/S no vitales	Según sistemas externos		-
Módulo del sistema de ayuda al mantenimiento y diagnosis			1
Registrador jurídico			1
Bastidor de equipos de enclavamiento			2
Bastidor de energía			-
Bastidor de entrada y distribución de cables			-
Bastidor único de energía y distribución de cables			1

Tabla 8. Enclavamiento de Aluche. Equipamiento.

DENOMINACIÓN DE ELEMENTOS	Entradas/Salidas por Elemento		
	ENTRADAS	SALIDAS	TOTAL
DESVÍO SENCILLO O CALCE DESCARRILADOR	2	3	-
ESCAPE y/o AGUJA/CALCE	4	3	-
DESVÍO CON COMPROBADOR	2	0	-
SEÑALES DE 5 FOCOS	5	5	-
SEÑALES DE 4 FOCOS	4	4	2
SEÑALES DE 3 FOCOS	3	3	6
SEÑALES DE 2 FOCOS	2	2	-
PANTALLA 1 INDICACIÓN	1	1	-
PANTALLA 2 INDICACIONES	2	2	-
PANTALLA 3 INDICACIONES	3	3	-
PANTALLA 4 INDICACIONES	4	4	-
CIRCUITOS DE VIA	1	0	11
PEDALES CONTADORES DE EJES	3	1	-
PASOS A NIVEL	3	3	-
MANIOBRA LOCAL	0	4	-
SENSORES DE RUEDA	2	-	-
BLOQUEO ELECTRÓNICO SERIE (Por banda y vía)	-	-	-
SISTEMAS EXTERNOS (A determinar)			
TOTAL ELEMENTOS DE CAMPO + 10 %			21
ENTRADAS VITALES + 10 %			41
SALIDAS VITALES + 10 %			29
Unidad central de proceso	Hasta 6 Controladores de campo		-
Unidad central de proceso pequeña	65 elementos y 200/160 E/S		-
Controlador elementos de campo	50 elementos y 160/128 E/S		-
Rack para el alojamiento de tarjetas vitales o no vitales (15 tarjetas)			1
Módulo para encendido y control de señales (6 Focos)			7
Módulo de entradas para comprobación de elementos (12 E)			2
Módulo de salidas para mando de elementos de campo (8 S)			-
Módulo de comunicaciones vitales de bloqueo			-
Módulo no vital de control de interface con el C.T.C			-
Módulo no vital para control de 2 monitores			-
Módulo no vital para control de 4 monitores			-
Módulo de control de 32 E/S no vitales	Según sistemas externos		-
Módulo del sistema de ayuda al mantenimiento y diagnosis			-
Registrador jurídico			-
Bastidor de equipos de enclavamiento			1
Bastidor de energía			-
Bastidor de entrada y distribución de cables			-
Bastidor único de energía y distribución de cables			1

Tabla 9. Enclavamiento de Cuatro Vientos. Equipamiento.

3.4. CÁLCULOS DE POTENCIA

El cálculo de la potencia eléctrica a suministrar para las instalaciones se ha estructurado de forma que los resultados sean útiles a la hora de elegir las unidades necesarias para el equipamiento, además del conocimiento de la potencia a suministrar.

3.4.1. Potencia de las instalaciones de seguridad y comunicaciones

Las instalaciones de seguridad del tramo se alimentarán prioritariamente a través de la doble línea de 2.200 V con la que actualmente cuenta la línea, con alternativa de la red de acometida local.

Para el cálculo de la potencia de dichas instalaciones de seguridad se han tenido en cuenta todos los consumos, los datos de dichos consumos, la simultaneidad y el sobredimensionamiento.

Tanto en los enclavamientos eléctricos como electrónicos es necesario limitar el número de accionamientos eléctricos de aguja simultáneos, compatibilizando la operatividad de la estación con un dimensionamiento racional del equipamiento energético.

El consumo de los accionamientos afecta durante periodos de tiempo pequeños (<10 s), permaneciendo a la espera una vez posicionadas las agujas. En caso de producirse el movimiento simultáneo de varias agujas, la E.T. 03.365.940 admite para el SAI una sobrecarga del 150% durante 1 minuto, suficiente para asumir la sobrecarga de dos accionamientos durante su movimiento.

El movimiento simultáneo de varias agujas se realiza con un decalaje en el arranque, no iniciándose el movimiento del segundo accionamiento hasta que no se ha estabilizado la tensión del primero, con objeto de minimizar el efecto de las sobretensiones producidas durante el arranque.

En las ecuaciones (1) y (2) se consideran 10 segundos como el tiempo de movimiento de un accionamiento y 7,5 minutos el tiempo entre movimientos. La potencia media consumida por el accionamiento en ese periodo da un valor de 22,2 VA, despreciable como carga permanente para el cálculo de la potencia del transformador.

$$E = P \cdot t = 1000VA \cdot 10s \quad (1)$$

$$P_{media} = \frac{E}{t_{total}} = \frac{1000VA \cdot 10s}{450s} = 22,2 \text{ VA} \quad (2)$$

No obstante, se ha considerado mantener un accionamiento permanente en el dimensionamiento del transformador para no agotar los márgenes.

A la potencia calculada para las instalaciones de seguridad, se suma la potencia estimada para comunicaciones, la potencia perdida y la carga simultánea del SAI, obteniéndose la potencia del transformador.

La potencia del transformador es la mínima potencia requerida por el transformador de la línea 3000V/380V.

Las instalaciones de seguridad, en funcionamiento normal del SAI, consumen directamente de éste. Si falla el SAI, se establece el bypass. La E.T. de ADIF 03.365.940 sobre Sistemas de Alimentación Ininterrumpida establece un sobredimensionamiento de 30% sobre el consumo calculado para el SAI. Para que dicho sobredimensionamiento no

sea excesivo, al incluir el consumo permanente de un accionamiento, se ha establecido un coeficiente moderado de simultaneidad de 0,9.

3.4.2. Potencia auxiliar y local

La potencia auxiliar está constituida por la potencia a tener en cuenta para la evacuación del calor generado por los equipos, el alumbrado y las tomas de corriente.

La potencia a evacuar es el calor generado por los equipos instalados en cabina. Es igual a la energía de entrada menos la energía que se consume en el exterior, más el calor que entra cuando la temperatura exterior es mayor que la temperatura interior.

Los elementos que se consideran que aportan calor a la cabina son:

- Equipos interiores de circuitos de vía.
- Equipos interiores de lámparas de señales.
- Sistema de mando local.
- Enclavamiento electrónico.
- Módulos de bloqueo.
- Pérdidas del sistema de energía.
- Equipos de comunicaciones.

Se ha convertido la potencia a kcal/h (factor de conversión 1,16) por ser la unidad más conocida. Dentro de los aparatos existentes en el mercado se eligen con una potencia superior.

Tanto la potencia para el equipo anterior como para alumbrado y tomas de corriente será suministrada por la acometida local. Además, la red local debe asumir el suministro de la energía de las instalaciones cuando falte energía de la red 2200/220 V.

En las Tablas 10, 11 y 12 se muestran los cálculos de potencia realizados para las estaciones de Embajadores, Laguna y Aluche respectivamente:

Descripción de Cargas	Consumo Activa (W)	Consumo Reactiva (VAr)	Uds	P (W)	Q (VAr)	S (VA)
Cargas Fijas						
Circ. de vía sin juntas	90	44	16	1.440	697	1.600
Contadores de ejes	30	15	0			
Focos de señal luciendo	20	0	27	540	0	540
Pantallas alfanuméricas	35	17	0			
Sistema de mando local	125	61	1	125	61	139
Conjunto de equipos de cabina	1.000	484	1	1.000	484	1.111
Tren - Tierra en estación	150	73	0			
GSM-R BTS Estación	2.500	1.211	0			
interface con telemando	125	61	0			
modulo de bloqueo	125	61	2	250	121	278
Comunicaciones	500	242	1	500	242	556
otros equipos 1						
otros equipos 2						
otros equipos 3						
otros equipos 4						
otros equipos 5						
otros equipos 6						
otros equipos 7						
Pérdidas	2%	2%		77	32	84
Suma Parcial Cargas Fijas				3.932	1.638	4.259
Cargas Variables						
Acc. eléctricos máximos en mov.	700	818	1	700	818	1.077
Paso a Nivel	416	201	0	0	0	0
Lamparas de Paso a Nivel	40	0	0	0	0	0
Carga baterías GSM-R BTS Estación	180	87	0	0	0	0
otras cargas variables 1						
otras cargas variables 2						
otras cargas variables 3						
otras cargas variables 4						
Suma parcial cargas variables				700	818	1.077
Suma parcial cargas variables con factor de simultaneidad				560	655	862
Carga de SAI instalaciones	1050	1.228	1	840	982	1.292 VA
Cargas fijas + cargas variables				5.472	3.438	6.463
total potencia con sobrecarga						7.755
Cos ϕ del conjunto de la estación						0,88
S.A.I.						7.000 VA
Trafo de aislamiento y reductor						10.000 VA
CALEFACTORES DE AGUJA						
Consumo P (W)	8.325	Consumo Q (VAr)	1.690	Uds	0	S (VA)
			0	P (W)	0	0
				Q (VAr)	-	
CENTRO TRANSFORMADOR ELEVADOR						
Consumo P (W)	80.000	Consumo Q (VAr)	60.000	Uds	0	S (VA)
			0	P (W)	0	0
				Q (VAr)	-	
INSTALACIÓN COMPLEMENTARIA						
Consumo P (W)	1.940	Consumo Q (VAr)	840	Uds	2	S (VA)
Acondicionador de aire				3.880	1.680	
Alumbrado (fluorescente 36 W)	36	17	4	144	70	
Tomas de corriente	1760	1.584	1	1.760	1.584	
Suma parcial				5.784	3.334	6.676
POTENCIA TOTAL MINIMA (INST+COMP+CALEF)				10,4 kW	5,8 kVAr	11,9 kVA
POTENCIA CONTRATADA				10,0 kW		

Tabla 10. Cálculo potencia Embajadores.

Descripción de Cargas	Consumo Activa (W)	Consumo Reactiva (VAr)	Uds	P (W)	Q (VAr)	S (VA)
Cargas Fijas						
Circ. de vía sin juntas	90	44	16	1.440	697	1.600
Contadores de ejes	30	15	0			
Focos de señal luciendo	20	0	27	540	0	540
Pantallas alfanuméricas	35	17	0			
Sistema de mando local	125	61	1	125	61	139
Conjunto de equipos de cabina	1.000	484	1	1.000	484	1.111
Tren - Tierra en estación	150	73	0			
GSM-R BTS Estación	2.500	1.211	0			
interface con telemando	125	61	0			
modulo de bloqueo	125	61	0			
Comunicaciones	500	242	1	500	242	556
otros equipos 1						
otros equipos 2						
otros equipos 3						
otros equipos 4						
otros equipos 5						
otros equipos 6						
otros equipos 7						
Pérdidas	2%	2%		72	30	78
Suma Parcial Cargas Fijas				3.677	1.514	3.977
Cargas Variables						
Acc. eléctricos máximos en mov.	700	818	1	700	818	1.077
Paso a Nivel	416	201	0	0	0	0
Lamparas de Paso a Nivel	40	0	0	0	0	0
Carga baterías GSM-R BTS Estación	180	87	0	0	0	0
otras cargas variables 1						
otras cargas variables 2						
otras cargas variables 3						
otras cargas variables 4						
Suma parcial cargas variables				700	818	1.077
Suma parcial cargas variables con factor de simultaneidad				560	655	862
Carga de SAI instalaciones	1050	1.228	1	840	982	1.292 VA
Resumen de Cargas						
Cargas fijas + cargas variables				5.217	3.315	6.181
total potencia con sobrecarga						7.108
Cos ϕ del conjunto de la estación						0,88
S.A.I.						7.000 VA
Trafo de aislamiento y reductor						10.000 VA
CALEFACTORES DE AGUJA						
Consumo P (W)	8.325	Consumo Q (VAr)	1.690	Uds	0	S (VA)
					-	0
CENTRO TRANSFORMADOR ELEVADOR						
Consumo P (W)	80.000	Consumo Q (VAr)	60.000	Uds	0	S (VA)
					-	0
INSTALACIÓN COMPLEMENTARIA						
Consumo P (W)	1.940	Consumo Q (VAr)	840	Uds	2	S (VA)
Acondicionador de aire	36	17	4	3.880	1.680	
Alumbrado (fluorescente 36 W)	1760	1.584	1	144	70	
Tomas de corriente				1.760	1.584	
Suma parcial				5.784	3.334	6.676
POTENCIA TOTAL MINIMA (INST+COMP+CALEF)						
				10,2 kW	5,7 kVAr	11,6 kVA
POTENCIA CONTRATADA						
				10,0 kW		

Tabla 11. Cálculo potencia Laguna.

Descripción de Cargas	Consumo Activa (W)	Consumo Reactiva (VAr)	Uds	P (W)	Q (VAr)	S (VA)
Cargas Fijas						
Circ. de vía sin juntas	90	44	11	990	479	1.100
Contadores de ejes	30	15	0			
Focos de señal luciendo	20	0	14	280	0	280
Pantallas alfanuméricas	35	17	0			
Sistema de mando local	125	61	1	125	61	139
Conjunto de equipos de cabina	1.000	484	1	1.000	484	1.111
Tren - Tierra en estación	150	73	0			
GSM-R BTS Estación	2.500	1.211	0			
interface con telemando	125	61	1	125	61	139
modulo de bloqueo	125	61	2	250	121	278
Comunicaciones	500	242	1	500	242	556
otros equipos 1						
otros equipos 2						
otros equipos 3						
otros equipos 4						
otros equipos 5						
otros equipos 6						
otros equipos 7						
Pérdidas	2%	2%		65	29	72
Suma Parcial Cargas Fijas				3.335	1.477	3.648
Cargas Variables						
Acc. eléctricos máximos en mov.	700	818	1	700	818	1.077
Paso a Nivel	416	201	0	0	0	0
Lamparas de Paso a Nivel	40	0	0	0	0	0
Carga baterías GSM-R BTS Estación	180	87	0	0	0	0
otras cargas variables 1						
otras cargas variables 2						
otras cargas variables 3						
otras cargas variables 4						
Suma parcial cargas variables				700	818	1.077
Suma parcial cargas variables con factor de simultaneidad				560	655	862
Carga de SAI instalaciones	750	877	1	600	701	923 VA
Cargas fijas + cargas variables				4.635	2.997	5.520
total potencia con sobrecarga						5.520
Cos ϕ del conunto de la estación						0,87
S.A.I.						5.000 VA
Trafo de aislamiento y reductor						7.000 VA
CALEFACTORES DE AGUJA	Consumo P (W)	Consumo Q (VAr)	Uds	P (W)	Q (VAr)	S (VA)
	8.325	1.690	0	0	-	0
CENTRO TRANSFORMADOR ELEVADOR	Consumo P (W)	Consumo Q (VAr)	Uds	P (W)	Q (VAr)	S (VA)
	80.000	60.000	0	0	-	0
INSTALACIÓN COMPLEMENTARIA	Consumo P (W)	Consumo Q (VAr)	Uds	P (W)	Q (VAr)	S (VA)
Acondicionador de aire	1.940	840	2	3.880	1.680	
Alumbrado (fluorescente 36 W)	36	17	6	216	105	
Tomas de corriente	1760	1.584	1	1.760	1.584	
Suma parcial				5.856	3.369	6.756
POTENCIA TOTAL MINIMA (INST+COMP+CALEF)				9,9 kW	5,7 kVAr	11,4 kVA
POTENCIA CONTRATADA				10,0 kW		

Tabla 12. Cálculo potencia Aluche.

3.5. CAPTACIÓN DE INFORMACIONES PARA EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN AUTOMÁTICA LZB

El propósito de este apartado es el de describir el intercambio de información definido para el interfaz de LZB entre enclavamientos electrónicos y el bastidor de telemando LZB, abarcando exclusivamente el trayecto de Embajadores hasta Cuatro Vientos de la línea de Cercanías C5.

3.5.1. Descripción del interfaz de LZB

La información se proporcionará al LZB mediante la tensión de referencia (60Vcc) proporcionada por THALES, mediante contactos libres de tensión. El bastidor de telemando, situado en cada enclavamiento (Embajadores, Laguna, Aluche y Cuatro Vientos) proporciona dicha tensión de referencia y lee los contactos para transmitir esta información a la central de LZB en Atocha.

Todas las informaciones se enviarán del enclavamiento a un hilo por información y estarán disponibles en una regleta instalada al efecto. Desde esta regleta se realizará la conexión al bastidor de telemando.

3.5.2. Señales

Se proporcionará las indicaciones de las señales. Con la señal abierta en verde, se discriminará la velocidad máxima permitida según la velocidad por desvío. Por ejemplo con el itinerario en paso recto, se activará el hilo referente a la velocidad máxima (VL/M). Si el itinerario tiene un paso por un desvío hacia un apeadero y el desvío por desviado permite 30 km/h, se activará el hilo referente a la velocidad de 30 km/h (VL/30).

En caso de que haya un problema en el enclavamiento o una desconexión del enclavamiento, todas las señales proporcionarán la indicación de parada (P) a LZB, para no provocar mensajes de averías innecesarias en el sistema LZB.

3.5.3. Agujas

Se proporcionará la información referente a la posición de la aguja al sistema LZB, no dando avería el sistema LZB durante 30 segundos. Si la aguja se mueve no tiene comprobación, por lo cual el cambio de posición del desvío debe durar menos de 20s, ya que a los 30s LZB comunica una avería.

En caso de no comprobación de una aguja, no se proporcionará ninguna información de la aguja y el sistema LZB detectará la avería de la aguja.

3.5.4. Indicaciones a proporcionar al sistema LZB

En este apartado se describen las indicaciones a proporcionar al sistema LZB en las estaciones de Embajadores, Laguna, Aluche y Cuatro Vientos (Tablas 13, 14, 15, y 16 respectivamente). La nomenclatura empleada es la que se muestra a continuación:

Leyenda para señales:

P	Parada
M	Maniobra
RO/V	Marcha en vía ocupada.
VL/M	Señal abierta en verde con Velocidad Máxima (Paso directo)
VL/30	Señal abierta en verde por un desvío en posición desviado con una limitación a 30km/h.
Res	Reserva, no tiene conexión.

Leyenda para agujas:

I	Izquierda, la aguja visto desde la punta del espadín en dirección del corazón.
D	Derecha, la aguja visto desde la punta del espadín en dirección del corazón.
NC	Reservado, Información reservado para No Comprobación del desvío.

TIPO DE INFORMACIÓN	VL/30	VL/M	R/OV o M	P	Nº DE INFORMACIONES
SEÑAL E4	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E2	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL R2			M	P	2
SEÑAL S1/1		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL S1/2		VL/M	R/OV	P	3
AGUJA 2		NO COMPROB	I	D	3
AGUJA 4		NO COMPROB	I	D	3
AGUJA 3		NO COMPROB	I	D	3
AGUJA 1		NO COMPROB	I	D	3
SEÑAL S2/1		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL S2/2		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL R1			M	P	2
SEÑAL E1	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E3	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E'1	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 238	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E'3	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 236	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 319	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 324	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 321	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 322	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
TOTAL INFORMACIONES					76

Tabla 13. Cálculo de informaciones para el sistema LZB de Embajadores.

TIPO DE INFORMACIÓN	VL/30	VL/M	R/OV o M	P	Nº DE INFORMACIONES
SEÑAL 393	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E'4	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 395	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E'2	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E4	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E2	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL R2			M	P	2
SEÑAL S1/1		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL S1/2		VL/M	R/OV	P	3
AGUJA 2		NO COMPROB	I	D	3
AGUJA 4		NO COMPROB	I	D	3
AGUJA 3		NO COMPROB	I	D	3
AGUJA 1		NO COMPROB	I	D	3
SEÑAL S2/1		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL S2/2		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL R1			M	P	2
SEÑAL E1	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E3	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E'1	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E'4	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E'3	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E'2	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
TOTAL INFORMACIONES					76

Tabla 14. Cálculo de informaciones para el sistema LZB de Laguna.

TIPO DE INFORMACIÓN	VL/30	VL/M	R/OV o M	P	Nº DE INFORMACIONES
SEÑAL E4	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E2	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL R2			M	P	2
SEÑAL R4			M	P	2
SEÑAL S1/1		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL S1/2		VL/M	R/OV	P	3
AGUJA 2		NO COMPROB	I	D	3
AGUJA 4		NO COMPROB	I	D	3
SEÑAL S2/1		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL S2/2		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL E3	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
TOTAL INFORMACIONES					34

Tabla 15. Cálculo de informaciones para el sistema LZB de Aluche.

TIPO DE INFORMACIÓN	VL/30	VL/M	R/OV o M	P	Nº DE INFORMACIONES
SEÑAL E1	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 838		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL 840		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL 897	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 899	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 916	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 941	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 914	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 943	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 1011	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 1012	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 993	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 996	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL S2/1		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL S2/2		VL/M	R/OV	P	3
SEÑAL R1			M	P	2
AGUJA 1		NO COMPROB	I	D	3
AGUJA 3		NO COMPROB	I	D	3
SEÑAL E1	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E3	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E'1	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL E'3	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 1190	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 1335	VL/30	VL/M	R/OV	P	4
SEÑAL 1320		VL/M	R/OV	P	3
TOTAL INFORMACIONES					91

Tabla 16. Cálculo de informaciones para el sistema LZB de Cuatro Vientos.

CAPÍTULO IV

PLAN DE OBRA Y PRESUPUESTO

4. PLAN DE OBRA. INTRODUCCIÓN

El presente Plan de Obra tiene como objeto definir las actividades fundamentales, así como los plazos de ejecución de las mismas, para la realización de las obras e instalaciones incluidas en el proyecto de “*Mejora de las instalaciones de seguridad en la línea C5 de Cercanías*” estableciendo la secuencia de las distintas actividades y los plazos en las que las mismas pueden desarrollarse.

El plan de obra previsto para la ejecución de las obras e instalaciones objeto del presente proyecto constructivo se ha establecido en dieciocho (18) meses.

En general todos los plazos establecidos para las distintas actividades están redondeados en jornadas completas.

4.1. TAREAS QUE COMPONEN EL PLAN DE OBRA

A continuación se detallan el contenido de las tareas que componen el plan de obra que definen las actuaciones a realizar para la ejecución del proyecto.

4.1.1. Replanteo y planificación

Antes de la ejecución material de las obras se realizará el replanteo de detalle de las mismas.

Una vez realizado el replanteo al inicio de la obra, se estudiará la planificación para realizar los ajustes necesarios en función de las variaciones que hayan podido surgir a consecuencia del replanteo.

No supone un período de inactividad puesto que se lanzan los pedidos y las órdenes de fabricación. Los pedidos y las órdenes de fabricación se ajustarán con los datos que se han obtenido del replanteo.

Supone un período de recapitulación, ajustes y matización de los procesos de ejecución de la obra sin que por ello se deba paralizar.

4.1.2. Acopio de materiales

La actividad resumen de acopio de materiales representa los procesos de obtención de los distintos materiales o equipos para la ejecución de la obra, tales como, cables, cajas de terminales, señales, circuitos de vía, accionamientos de aguja, equipos de enclavamiento y bloqueo. En estos últimos están incluidos los equipos de cabina (sistema de energía y equipos de comunicaciones).

4.1.3. Ingeniería de enclavamiento y bloqueo

El grupo de actividades comprende tareas muy importantes como son la ingeniería de aplicación del enclavamiento y bloqueo.

La ingeniería de aplicación de los nuevos enclavamientos debe estar terminada e implementada en período de montaje de cabina, a falta de su puesta en servicio.

Una vez que se tienen a disposición y acondicionadas las cabinas puede comenzar el montaje de todos los equipos interiores de cabina. Simultáneamente se deben conexonar los cables generales a los bastidores de entrada o distribución de cables, una vez que éstos acometan a cabina.

4.1.4. Obra civil. Zanjas, canalizaciones y perchas

Esta actividad recoge todo el conjunto de actuaciones que permiten establecer los medios materiales para el montaje de todos los elementos de campo y equipos de cabina.

Las actividades de construcción de zanjas, canalizaciones en sus diversas modalidades, y la instalación de perchas, son esenciales para posibilitar el tendido de los cables que unirán los elementos de campo con los equipos instalados en el cuarto técnico.

Las zanjas para las canalizaciones se practicarán con la menor antelación posible a la ejecución del resto de la construcción, siendo sus dimensiones, en cuanto a profundidad y anchura, las correspondientes a la canalización requerida, según lo establecido en la norma de ADIF NAS 310 de octubre de 1994.

4.1.5. Tendido de cables y ejecución de empalmes

Esta actividad incluye el tendido de todos los cables de instalaciones de seguridad y comunicaciones.

Una vez terminada la obra civil y acopiados todos los cables a pie de obra de cada una de las estaciones, se procederá al tendido de los cables comenzando por uno de los puntos más alejados de la cabina de equipos técnicos (teniendo en cuenta que las zanjas deben mantenerse abiertas el menor tiempo posible).

Para dar continuidad a los cables se utilizarán empalmes del tipo termorretráctil textil y relleno (normalizados por ADIF). Los empalmes se harán coincidir en las arquetas y cámaras en los tendidos en canalización.

4.1.6. Montaje de elementos de campo

En estas actividades se representan los procesos de montaje de los distintos elementos de campo que constituyen las instalaciones de seguridad, tales como, cajas de terminales, señales (incluido ASFA), lazos de circuitos de vía, cajas de sintonía y accionamientos eléctricos.

Los accionamientos eléctricos nuevos podrán montarse sin conectar las barras de tracción y comprobación.

Los nuevos elementos de campo que se montan en la vía permanecerán inactivos. No deben prestar su funcionalidad hasta la puesta en servicio y no interferirán la funcionalidad de la explotación existente.

4.1.7. Conexión de elementos de campo

Se incluyen en esta actividad los procesos de conexión de los distintos elementos de campo que constituyen las instalaciones de seguridad, tales como, cajas de terminales, señales, circuitos de vía, etc.

Antes de realizar el conexión de los elementos, se efectuarán las operaciones de comprobación de los cables generales, realizando las medidas de cables que figuran en las normas de ADIF para recepción de cables instalados. Con esta operación se comprobará que los cables no han sufrido ningún deterioro durante su tendido. Una vez realizadas estas operaciones, se conectarán en los armarios o cajas de terminales correspondientes.

4.1.8. Suministro de energía

Comprende las actividades de acometida de la doble línea de cable general de energía de 2.200 V de ADIF a los locales técnicos, así como la instalación de nuevos centros de transformación reductores y SAL's en las estaciones de Embajadores, Laguna y Aluche. Además comprenderá la acometida de energía local para cada local técnico, que será la fuente de energía de elementos auxiliares y la fuente de energía de reserva del resto de los equipos de cabina en caso de fallo en la red de 2.200 V de ADIF.

4.1.9. Montaje de elementos de cabina

Dentro de estas actividades se considera el montaje de los equipos de interior que se ubican en la cabina.

Comprende el montaje del puesto de mando local, bastidores en cabina y equipos de enclavamiento y bloqueo, así como circuitos de vía, telefonía de explotación y energía.

4.1.10. Telemando, C.T.C. y LZB

Las actividades de este grupo engloban tanto la ingeniería de telemando que se implementarán en el puesto central de C.T.C. de Chamartín como los módulos de software particularizados que se instalan en el enclavamiento.

Asimismo, se engloba la ingeniería del sistema LZB a realizar en el centro de control de LZB de Atocha y las particularizaciones a realizar en cada una de las estaciones del trayecto.

Comprende también las pruebas y puesta en servicio del telemando y sistema LZB.

4.1.11. Pruebas y puesta en servicio de enclavamientos y bloqueos

4.1.11.1. Preparación y conceptos generales

El concepto de pruebas y puesta en servicio se centra en la verificación de la funcionalidad de las instalaciones de acuerdo con el programa de explotación y las normas de seguridad.

Este concepto no engloba las pruebas de los equipos, elementos y cables que deberán haberse verificado en fábrica o en campo, una vez instalados, para comprobar los parámetros físicos y eléctricos respondiendo a las especificaciones técnicas de suministro y montaje.

No obstante, si engloba las medidas, tanto físicas como eléctricas, de los elementos que una vez instalados forman un sistema integral para cumplir la funcionalidad de la instalación.

Las pruebas previas consisten en la verificación de que cada elemento instalado va a responder a la funcionalidad establecida en la puesta en servicio.

Se comprobará que todos los elementos van a responder a su funcionalidad. Para ello se realizan las pruebas previas, sin que esto interfiera con los elementos en servicio. Si ello no fuera posible, se elegirán períodos de débil tráfico o nulo, para realizar las medidas y verificaciones de su funcionamiento.

Antes de la puesta en servicio se deben haber realizado las medidas en todos los elementos.

Especialmente se tendrán en cuenta las medidas de:

- Tensión en lámparas de señal y la orientación de la señal.
- Ajuste de circuitos de vía.
- Accionamientos eléctricos y agujas. Comprobación de ajustes y funcionamiento.
- Sistema de energía, capacidad de soportar la potencia requerida, redes de suministro alternativo, Sistema de Alimentación Ininterrumpida.
- Cables tendidos.
- Sistema de telefonía de circulación.

La verificación, previa a la puesta en servicio, de la funcionalidad de las instalaciones se realizará de forma global. Si esto no es posible se efectuará por cada sistema o subsistema. Después se verificarán las relaciones entre los diversos sistemas para asegurar la integridad de la seguridad de la explotación ferroviaria.

Dicha verificación, previa de la seguridad, requiere del concurso de todos los elementos de la explotación ferroviaria; puesto de mando, señales, circuitos de vía y aparatos de vía. Si no se dispone de alguno de ellos por estar en servicio, se simulará su funcionamiento en las pruebas del enclavamiento y bloqueos.

En dicha puesta en servicio se realizará la conformación del estado de los elementos en campo con las indicaciones que presenta en el puesto de mando; en dicha conformación podrá verificarse nuevamente la integridad de la seguridad de la explotación.

Ante cualquier modificación, sustitución, traslado de elementos de campo, modificación de configuración y funcionalidad de enclavamiento, bloqueo o cualquier otro sistema, se deberá comprobar no solo su funcionamiento aislado sino la totalidad de sus interrelaciones para mantener la integridad de la seguridad de la explotación.

Antes de la puesta en servicio del enclavamiento se realizarán las pruebas previas de bloqueo con las estaciones colaterales.

Las pruebas previas del bloqueo entre alguna de las estaciones se realiza con el enclavamiento puesto en servicio. Esto requiere tener en cuenta, al tratarse de software, que finalizados los períodos de pruebas previas, el enclavamiento debe seguir en funcionamiento con la lógica exclusiva del enclavamiento sin incluir la del bloqueo hasta que éste no se ponga en servicio.

4.1.11.2. Situaciones provisionales y situación final

Las actividades de este grupo engloban la ingeniería de telemando que se implementará en el puesto central de C.T.C. de Madrid-Chamartín, así como los módulos de software particularizados que se instalan en los enclavamientos.

Asimismo, comprende la sustitución y montaje de equipos en el puesto central y la preparación de los canales de transmisión para poner en comunicación a los equipos del puesto central con el nuevo enclavamiento.

Antes de comenzar la puesta en servicio de las instalaciones de señalización y C.T.C. se habrán realizado los siguientes trabajos y pruebas:

- Se habrán instalado y probado localmente las modificaciones del hardware y software, tanto a nivel de puesto de operador como de líneas de transmisión en el Puesto Central de C.T.C.

- Se habrán realizado, en las estaciones colaterales, todas las modificaciones de cabina y pruebas que sean posibles sin alterar la funcionalidad actual, y se dejarán preparadas las modificaciones necesarias hasta donde sea posible, igualmente sin alterar la funcionalidad actual.

En ese momento comenzará la puesta en servicio del bloqueo entre estaciones. Se completarán las modificaciones que no se hubieran podido hacer antes y se realizarán las pruebas necesarias localmente y desde el C.T.C. en los cortes de tráfico disponibles o en los que se programen. La estación que quede puesta en servicio se incorporará en ese momento al C.T.C.

4.1.11.3. Pruebas y puesta en servicio

Las pruebas y puesta en servicio de la situación final coincidirán con la de la última situación provisional. Una vez realizada, se procederá al desmontaje de los elementos provisionales y de las instalaciones de señalización que queden fuera de servicio.

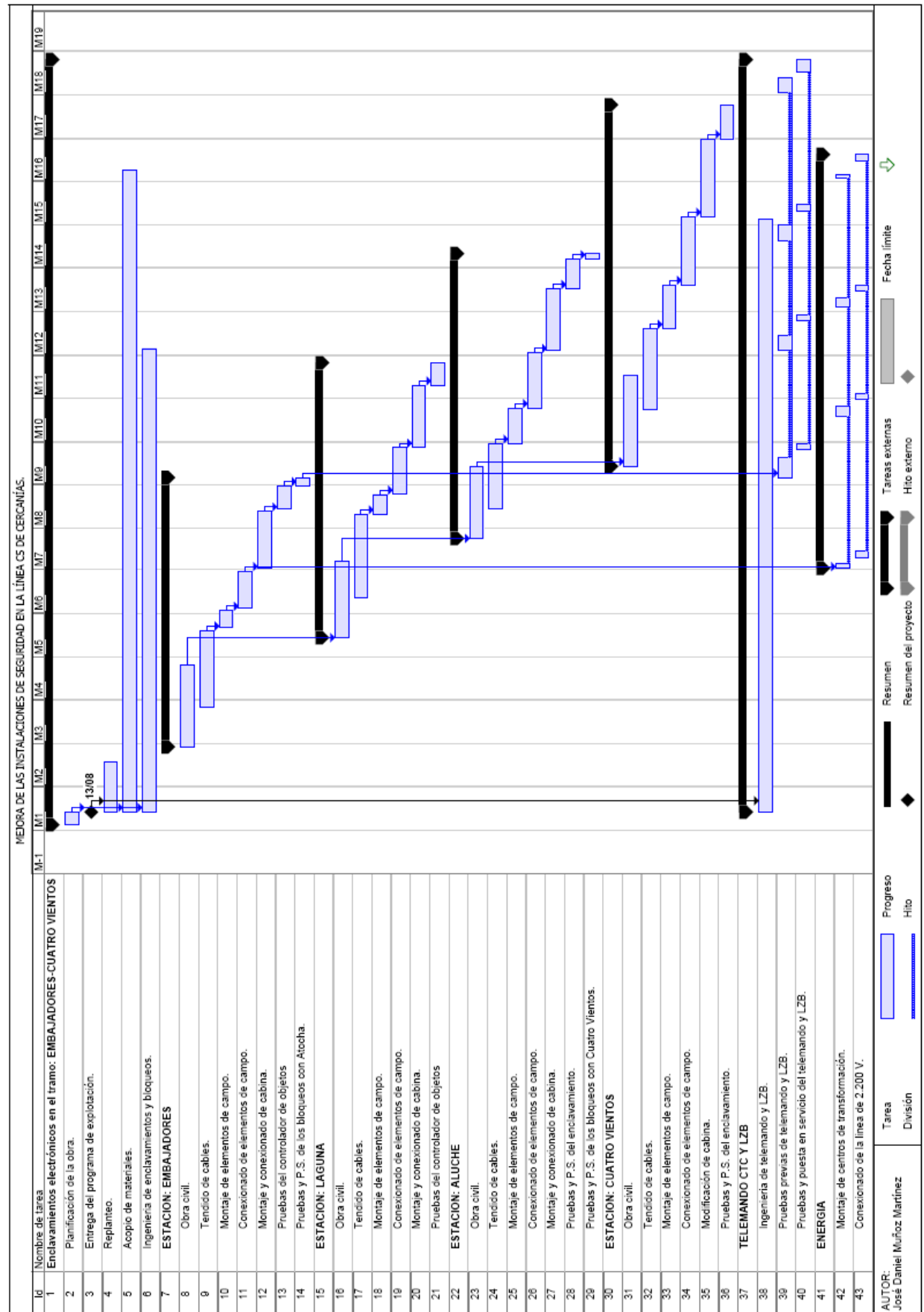
4.1.11.4. Proceso operativo de ejecución, pruebas y puesta en servicio

El proceso operativo que ha de llevarse a cabo para la implementación de las instalaciones de seguridad y comunicaciones es el siguiente:

- 1º Se realiza el replanteo de las instalaciones mediante una visita exhaustiva al ámbito de la obra. El replanteo que se realiza es de las instalaciones que sean posibles implantar. Durante él se marca sobre el terreno la ubicación de los elementos de campo, la traza de las canalizaciones, canaleta y el resto de la obra civil de acuerdo con los planos del proyecto.
Se toma nota de cualquier modificación de las instalaciones existentes producida en el intervalo de tiempo desde la definición del proyecto hasta el comienzo de la obra.
- 2º El acopio de materiales es una tarea que comienza con la firma del contrato, pues se deben ir lanzando las órdenes de compra, dejando la posterior confirmación del ajuste una vez realizado el replanteo.
- 3º Tras el replanteo, se inicia la adecuación de la cabina y la ejecución de canalizaciones en estación.
- 4º El montaje de los elementos de campo se realiza simultáneamente con la ejecución de zanjas y canalizaciones.
Una vez tendidos cables y montados elementos de campo se realiza el conexionado de dichos elementos de campo, salvo los accionamientos que se conectan en el momento de la puesta en servicio. Los conductores e hilos pendientes de conexión se etiquetarán identificando el borne donde corresponde su conexión y se encintarán.

- 5º Acopiados los bastidores y equipos de cabina se procede a su montaje. No hay que esperar a que termine el montaje de los elementos de campo. Éstos estarán, en todo caso, montados antes de que finalice la instalación de los equipos de cabina.
- 6º Se deberá tener previsto el sistema de energía antes de las pruebas previas de los enclavamientos.
- 7º El sistema de transmisión por F.O. deberá estar disponible antes de la puesta en servicio del telemando C.T.C. Éste deberá estar dispuesto para entrar en servicio antes de la puesta en servicio de los enclavamientos, bloqueos, C.T.C. y el sistema LZB.
- 8º La definición de la ingeniería de aplicación de todos los sistemas comenzará con antelación al conexionado de elementos de campo y equipos de cabina.
La aplicación de la ingeniería se podrá realizar siempre que no se interfieran las instalaciones existentes; en el caso que esto no suceda, establece los procesos para compatibilizar el mantenimiento de la explotación ferroviaria con el progreso de la ejecución de la obra sin disminuir la seguridad.
- 9º Las pruebas previas antes de la puesta en servicio, para comprobar la integridad de la seguridad de explotación de las instalaciones que van a entrar en servicio, podrán no ser completas cuando existen elementos de las instalaciones existentes que permanecerán con las nuevas instalaciones.
Se procede a las pruebas previas de cada uno de ellos con los nuevos enclavamientos, en período de débil tráfico o nulo. Restituyendo al final del período de prueba la situación precedente.
Los circuitos de vía se ajustarán antes de la puesta en servicio.
Se tendrá dispuesta la línea de suministro de energía de 2.200 V, la acometida de energía local y los sistemas de energía de reserva (SAI) en cada una de las cabinas. No obstante, se podrán poner en servicio las instalaciones con energía local, pero los equipos de cabina del suministro de energía se instalarán para que cuando acometa el cable de la línea de 2.200 V la energía se tome de dicha línea para elevar la disponibilidad del suministro de energía.
Antes de la puesta en servicio de los enclavamientos se realizarán las pruebas previas del bloqueo entre estaciones colaterales.
Antes de comenzar la puesta en servicio de los tramos, se habrán realizado pruebas previas del telemando de C.T.C. y del sistema LZB.
Las pruebas previas con los enclavamientos y bloqueos (en vacío) del telemando evitarán interferencias con instalaciones en servicio. La repetición de dichas pruebas en la puesta en servicio es una comprobación para verificar la correcta correspondencia de las órdenes e informaciones.
Una vez puesta en servicio una instalación, las pruebas de las situaciones posteriores se realizarán en períodos nocturnos.

4.2. DIAGRAMA DE GANTT



4.3. PRESUPUESTO

Para la confección del presupuesto se han realizado las mediciones de todas las unidades y elementos necesarios para la consecución de las obras e instalaciones consignadas en el proyecto. Se han agrupado según las distintas obras o instalaciones parciales.

ENCLAVAMIENTO ELECTRÓNICO	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Bastidor equipos de enclavamiento electrónico	7,00	17.114,08	119.798,56
Bastidor de energía	2,00	26.731,06	53.462,12
Bastidor de energía y distribución de cables	2,00	22.496,76	44.993,52
Bastidor entrada y distribución de cables en T	2,00	16.945,16	33.890,32
Cableado red local del enclavamiento	3,00	6.438,80	19.316,40
Unidad central de proceso grande	1,00	124.688,63	124.688,63
Controlador de objetos 160 entradas/128 salidas	3,00	43.897,93	131.693,79
Rack para alojamiento tarjetas vitales y/o no vitales	7,00	5.938,18	41.567,26
Módulo de encendido y control de señales	35,00	9.914,98	347.024,30
Módulo de 12 entradas para comprobación	10,00	6.506,42	65.064,20
Módulo de 8 salidas para mando	3,00	9.028,87	27.086,61
Módulo de comunicaciones de bloqueo	4,00	8.346,60	33.386,40
Control de interfaz a CTC con conexión serie	1,00	29.454,79	29.454,79
Módulo de control de mando local 2 monitores	3,00	13.179,62	39.538,86
Módulo de mando aguja, 1 motor	10,00	5.426,12	54.261,20
SAM local y puesto técnico	3,00	17.573,57	52.720,71
Registrador jurídico para enclavamiento	1,00	25.543,18	25.543,18
Interfaz serie entre enclavamiento y bloqueo	2,00	59.369,07	118.738,14
Modificación del EE Cuatro Vientos	1,00	242.878,57	242.878,57
			1.605.107,56

CAJAS DE CONEXIÓN Y TOMAS DE TIERRA	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Caja terminales 50 bornas en túnel	115,00	1.367,38	157.248,70
Caja terminales 50 bornas	14,00	1.090,61	15.268,54
Toma de tierra centro de transformación	3,00	672,00	2.016,00
Puesta a tierra de elemento en túnel	30,00	452,61	13.578,30
			188.111,54

SEÑALES	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Señal baja 4 focos	7,00	2.242,48	15.697,36
Señal alta 3 focos	8,00	3.322,16	26.577,28
Señal alta 3 focos con piloto	5,00	4.014,28	20.071,40
Señal alta 3 focos en túnel	39,00	2.295,91	89.540,49
Señal alta 3 focos con piloto en túnel	9,00	3.060,02	27.540,18
Placa indicativa "P"	8,00	129,44	1.035,52
			180.462,23

ASFA	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Baliza señal del sistema ASFA para señal luminosa.	61,00	1.013,34	61.813,74
Baliza previa del sistema ASFA para señal luminosa.	61,00	1.013,34	61.813,74
Unidad de conexión sencilla de equipo ASFA en mástil de señal	30,00	412,29	12.368,70
Unidad de conexión doble de equipo ASFA en mástil de señal	27,00	1.495,03	40.365,81
Interfaz ASFA con protección antiperturbaciones con baliza se	4,00	5.236,11	20.944,44
			197.306,43

SISTEMAS DE DETECCIÓN DEL TREN	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Armazón 3 bastidores para c.v. FTG-S	4,00	1.006,23	4.024,92
Bastidor circuito de vía de audiofrecuencia	7,00	6.578,23	46.047,61
Grupo tarjetas de supervisión de cables	7,00	4.619,32	32.335,24
Equipo interior c.v. de trayecto, 1E+2R	13,00	10.899,39	141.692,07
Equipo interior c.v. de trayecto, 1E+1R	10,00	8.371,24	83.712,40
Equipo interior c.v. de estación, 1E+1R	24,00	7.086,46	170.075,04
Equipo interior c.v. de estación, 1E+2R	7,00	9.865,04	69.055,28
Equipo exterior circuito de vía de 1E en túnel	19,00	2.861,47	54.367,93
Equipo exterior circuito de vía de 1E	3,00	2.465,87	7.397,61
Equipo exterior circuito de vía de 1R	2,00	2.551,83	5.103,66
Equipo exterior circuito de vía de 1E+1R en túnel	9,00	4.811,54	43.303,86
Equipo exterior circuito de vía de 2E en túnel	11,00	4.561,30	50.174,30
Equipo exterior circuito de vía de 2R en túnel	30,00	4.836,03	145.080,90
Equipo exterior circuito de vía de 2R	1,00	4.209,18	4.209,18
Lazo de aluminio simétrico para c.v. de trayecto	1,00	1.312,96	1.312,96
Lazo de aluminio simétrico para c.v. de trayecto en túnel	16,00	1.635,51	26.168,16
Lazo de aluminio simétrico para c.v. de estación en túnel	20,00	1.225,54	24.510,80
Lazo de aluminio simétrico para c.v. de estación	3,00	964,12	2.892,36
Lazo de aluminio asimétrico para c.v. en túnel	14,00	1.406,52	19.691,28
Lazo de aluminio asimétrico para c.v.	1,00	1.119,83	1.119,83
Conexión doble de retorno en agujas	5,00	144,00	720,00
Conexión doble de señalización en agujas	5,00	32,37	161,85
Levante de junta aislante encolada	104,00	1.326,88	137.995,52
			1.071.152,76

APARATOS DE VÍA	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Motor eléctrico de aguja sencilla	12,00	7.000,41	84.004,92
			84.004,92

CONTROL DE TRAFICO CENTRALIZADO	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Ing y pp. para enclav. electrónico de Aluche	1,00	46.110,00	46.110,00
Software generación imágenes de 320 a 480 E/S Aluche	1,00	36.175,95	36.175,95
Pruebas y puesta en servicio CTC	1,00	35.990,18	35.990,18
Reprogramación del interface de telemando Cuatro Vientos	1,00	9.088,18	9.088,18
			127.364,31

SISTEMA LZB	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Bastidor de Telemando.	3,00	192.378,00	577.134,00
Bastidor de entrada de cables para el sistema de LZB.	3,00	23.655,30	70.965,90
Cable CCPSSP FR 0,1 de 7x4x0,9 mm en percha	1.400,00	16,88	23.632,00
Cable CCPSSP FR 0,1 de 19x4x0,9 mm en percha	2.000,00	25,30	50.600,00
Cable Cu VFV de 2x10 en canalización	2.000,00	5,33	10.660,00
Embornado de cable de 19 cuadretes	8,00	231,10	1.848,80
Medidas finales del cable de comunicaciones	1,00	3.171,21	3.171,21
Modificación del software del sistema de protección del tren.	1,00	42.500,00	42.500,00
Replanteo, pruebas y puesta en servicio del sistema de protección	1,00	46.599,85	46.599,85
Ingeniería de aplicación y generación de documentación técnica	1,00	26.300,00	26.300,00
			853.411,76

TELEFONÍA DE EXPLOTACIÓN	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Puesto telefónico intemperie de 1 línea	30,00	990,44	29.713,20
			29.713,20

SUMINISTRO DE ENERGÍA	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Centro transformación 2200/220 V 7 kVA, interior	2,00	7.448,85	14.897,70
Centro transformación 2200/220 V 10 kVA, interior	4,00	8.302,42	33.209,68
Pruebas y puesta en servicio	6,00	1.370,92	8.225,52
Transformador de aislamiento de 7 kVA	1,00	1.023,14	1.023,14
Transformador de aislamiento de 10 kVA	2,00	1.234,27	2.468,54
Equipo conmutación automática, 220 V, 60 A	6,00	1.798,81	10.792,86
SAI de 7 kVA, con autonomía de 2 h	2,00	16.914,80	33.829,60
SAI de 5 kVA, con autonomía de 2 h	1,00	12.118,55	12.118,55
			116.565,59

CABLES Y EMPALMES	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Cable extraflexible de 1x4 mm ² , percha	60,00	2,28	136,80
Cable CCTSST-FR 0,3 de 4x1,5 mm en percha	1.240,00	7,91	9.808,40
Cable CCTSST-FR 0,3 de 7x1,5 mm en percha	602,00	9,02	5.430,04
Cable CCTSST-FR 0,3 de 19x1,5 mm en percha	123,00	14,53	1.787,19
Cable CCTSST-FR 0,3 de 27x1,5 mm en percha	120,00	16,65	1.998,00
Cable CCTSST-FR 0,3 de 37x1,5 mm en percha	123,00	20,35	2.503,05
Cable EATST de 4x1,5 mm en percha	17.910,00	5,04	90.266,40
Cable EATST de 7x1,5 mm en percha	3.047,00	6,42	19.561,74
Cable EAPSP de 7x1,5 mm en percha	3.016,00	5,52	16.648,32
Cable EATST de 9x1,5 mm en percha	541,00	7,23	3.911,43
Cable EAPSP de 19x1,5 mm en percha	1.485,00	10,13	15.043,05
Cable EATST de 19x1,5 mm en percha	6.032,00	11,59	69.910,88
Cable EAPSP de 27x1,5 mm en percha	1.418,00	12,53	17.767,54
Cable EATST de 27x1,5 mm en percha	5.052,00	14,39	72.698,28
Cable EATST de 37x1,5 mm en percha	1.583,00	18,48	29.253,84
Cable EATST de 48x1,5 mm en percha	1.012,00	22,48	22.749,76
Cable CCTSST FR 0,1 de 1x4x0,9 mm en percha	960,00	11,85	11.376,00
Cable CCTSST FR 0,3 de 3x4x1,4 mm en percha	1.360,00	13,08	17.788,80
Cable CCTSST FR 0,3 de 5x4x1,4 mm en percha	88,00	16,72	1.471,36
Cable EAPSP de 1x4x0,9 mm en percha	2.970,00	3,66	10.870,20
Cable EATST de 1x4x0,9 mm en percha y en túnel	9.468,00	4,74	44.878,32
Cable EATST de 3x4x0,9 mm en percha	8.976,00	5,34	47.931,84
Cable EATST de 1x4x1,4 mm en percha	18.449,00	5,34	98.517,66
Cable EATST de 3x4x1,4 mm en percha y en túnel	18.220,00	9,75	177.645,00
Cable EATST de 5x4x1,4 mm en percha y en túnel	1.776,00	13,71	24.348,96
Cable RZ1F3Z1-k (AS) de 2x10 mm ² en percha	600,00	6,71	4.026,00
Cable RZ1F3Z1-k (AS) de 2x10 mm ² en canalización	150,00	6,53	979,50
Empalme de cable multiconductor de 7 a 19 conductores	4,00	244,98	979,92
Empalme de cable multiconductor de 27 a 37 conductores	2,00	304,51	609,02
Empalme para cable de 1 cuadrete	5,00	98,86	494,30
Empalme para cable de 3 cuadretes	14,00	180,50	2.527,00
			823.918,60

OBRA CIVIL	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Canalización 12 T, polietileno 110 mm, en andén	50,00	243,85	12.192,50
Percha para cables, doce fichas	21.670,00	30,19	654.217,30
Cámara de hormigón, tipo grande 200x120x180 cm y tapa de	6,00	1.953,78	11.722,68
			678.132,48

LEVANTES, DESMONTAJES Y TRASLADOS	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Levante de cuadro de mando	3,00	55,70	167,10
Levante de armario de señalización	16,00	81,41	1.302,56
Levante de caja de distribución de cables	10,00	39,56	395,60
Levante de bastidor en cabina	24,00	92,25	2.214,00
Levante de señal alta de tres focos	44,00	104,47	4.596,68
Levante de señal baja de 2 o 4 focos	9,00	40,89	368,01
Levante de unidad de conexión doble	22,00	159,28	3.504,16
Levante de unidad de conexión sencilla	22,00	90,11	1.982,42
Levante de baliza	88,00	39,11	3.441,68
Levante de caja de conexión de baliza	88,00	4,53	398,64
Levante de teléfono de intemperie	17,00	27,14	461,38
Levante de accionamiento eléctrico	10,00	134,69	1.346,90
Levante de soporte de junta inductiva	52,00	64,83	3.371,16
Levante de cable en percha	13.200,00	0,39	5.148,00
Levante de cable en canalización	200,00	0,36	72,00
Desmontaje de centro transformación	3,00	493,31	1.479,93
			30.250,22

INGENIERÍA, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Ingeniería y software enclavamientos: Embajadores.	1,00	40.832,09	40.832,09
Ingeniería y software enclavamientos: Laguna.	1,00	40.832,09	40.832,09
Ingeniería y software enclavamientos: Aluche.	1,00	35.201,11	35.201,11
Ingeniería y software enclavamientos: Cuatro Vientos.	1,00	62.256,00	62.256,00
Pruebas y puesta en servicio del controlador de objetos de Er	1,00	58.389,89	58.389,89
Pruebas y puesta en servicio del controlador de objetos de La	1,00	58.389,89	58.389,89
Pruebas y puesta en servicio del ENCE de Aluche.	1,00	50.337,58	50.337,58
Pruebas y puesta en servicio del ENCE de Cuatro Vientos	1,00	31.129,35	31.129,35
Pruebas y puesta en servicio del bloqueo de 2 vías	2,00	10.551,46	21.102,92
			398.470,92

SUBTOTAL OBRAS E INSTALACIONES A REALIZAR	6.383.972,52 €
16% IVA	1.021.435,60 €
TOTAL	7.405.408,12 €

El presupuesto asciende a 6.383.972,52 €, a cuya suma se le añade el Impuesto sobre el Valor Añadido (16%), obteniéndose un presupuesto total de 7.405.408,12 €.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, NORMATIVA Y REFERENCIAS

5. CONCLUSIONES, NORMATIVA Y REFERENCIAS

5.1. CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de éste proyecto ha sido el de dotar al trayecto Embajadores-Cuatro Vientos con un nuevo equipamiento de vía que permitiera aumentar sus condiciones de seguridad, fiabilidad y capacidad. Esto se ha conseguido banalizando todo el tramo mediante señales en ambos sentidos. Un punto clave a la hora de minimizar posibles errores ha sido la sustitución de los antiguos circuitos de vía por nuevos de audiofrecuencia sin juntas mecánicas. El principal inconveniente de los circuitos de vías aislados es el depósito de polvo ferroso sobre el aislante al paso de los trenes por encima. Los residuos férreos pueden provocar pequeños arcos eléctricos, de tal forma que la corriente de alimentación pase al circuito de vía adyacente, pudiendo quedar éste como libre u ocupado erróneamente (situación de riesgo). Colocando circuitos de vía de audiofrecuencia se salva dicho inconveniente, ya que al tratarse de carriles continuos no existen zonas propensas a alojar arcos eléctricos.

Como ya se ha analizado, la señalización, y especialmente el tipo de bloqueo, determinan la separación entre trenes, que indirectamente depende de la distancia de frenado de los trenes y de la longitud de los cantones.

La instalación del sistema LZB permitirá manejar informaciones de forma continua, lo que implica una notable mejora en la capacidad de la línea. No existen intervalos con ausencia de información (entre tren, vía y centro de control) como ocurría disponiendo solo del sistema ASFA, ya que éste último solo regula el tráfico de señales en rojo. El LZB informará de la velocidad óptima en intervalos más cortos, por lo que no serán necesarios tantos cantones de seguridad (a pesar de esto es necesario disponer de ASFA ya que la explotación ferroviaria se basa en sistemas redundantes; el fallo de un equipo no debe dar lugar a situaciones de riesgo). Todas estas soluciones, junto con el Control de Tráfico Centralizado, propiciarán un mayor aprovechamiento del conjunto de vías disponibles, es decir, el número de trenes y su frecuencia de paso por estaciones será mayor.

5.2. NORMATIVA

- Reglamento General de Circulación, de 1992.
- Norma NAS 201 funcional y técnica para los Sistemas de Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.), 1ª edición, de octubre de 1.999.
- Norma NAS 310 sobre Sistemas de Tendido Subterráneo de Cables de octubre de 1994.
- Norma NAS 800 de Explotación y Seguridad de Enclavamientos Eléctricos, en vigor desde enero de 1983.
- Norma NAS 806 de Explotación y Seguridad de Bloqueos, de abril de 1998.

- Norma SV-01 sobre Sistemas Videográficos para Enclavamientos y Telemandos, de 1993.
- Norma de Sistemas Videográficos NSV-93”.
- Telefonía de explotación. Condiciones funcionales, ADIF Enero de 1996.
- EN 50121: Compatibilidad electromagnética.
 - Parte 1: Generalidades
 - Parte 4: Emisión e inmunidad de los aparatos de señalización y telecomunicación.
- EN 50122: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas.
 - Parte 1: Medidas de protección relativas a la seguridad eléctrica y a la puesta a tierra.
- EN 50124: Aplicaciones ferroviarias. Coordinación de aislamiento.
- EN 50125: Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para el equipo.
 - Parte 3: equipo para la señalización y las comunicaciones.
- EN 50126: Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad. RAMS.
- EN 50128: Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Software para sistemas de control y protección del ferrocarril.
- EN 50129: Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Sistemas electrónicos de seguridad para señalización.
- EN 50159: Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento.
 - Parte 1: Comunicación de seguridad en sistemas de transmisión cerrados.
 - Parte 2: Comunicación de seguridad en sistemas de transmisión abiertos.
- Directrices de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) sobre la protección de las líneas de Telecomunicación contra los efectos perjudiciales de las líneas de energía eléctrica y de las líneas ferroviarias electrificadas.
- E.T. 03.365.940 sobre Sistemas de Alimentación Ininterrumpida.
- E.T. 03.365.401.3 para el suministro y homologación de accionamientos eléctricos de agujas.

5.3. REFERENCIAS





- [1] Fernando Montes Ponce de León, “*La seguridad en la circulación de trenes*”, Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios, 2008.
- [2] Fernando Montes Ponce de León, “*Señales en vía*”, Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios, 2008.
- [3] The Railfaneurope.net Picture Gallery <http://www.railfaneurope.net/pix/es/signalling/pix.html>
- [4] Imagen obtenida de la fototeca de Ineco-Tifsa.
- [5] Amigos del ferrocarril <http://fcmaf.castillalamancha.es/>
- [6] ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias), “*Introducción a la señalización ferroviaria*”, septiembre de 2008.
- [7] Fernando Montes Ponce de León, “*Señalización en cabina*”, Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios, 2008.
- [8] Fernando Montes Ponce de León, “*Tipos de bloqueos*”, Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios, 2008.
- [9] Fernando Montes Ponce de León, “*Enclavamientos*”, Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios, 2008.
- [10] Fernando Montes Ponce de León, “*Los sistemas de señalización en el ferrocarril*”, Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios, 2008.
- [11] Google Maps (De estación de Embajadores a estación de Cuatro Vientos).

ANEXO PLANOS

6. ÍNDICE DE PLANOS

A continuación se muestra el índice de los planos de cableado de señales y circuitos de vía, así como un glosario con la simbología empleada en ellos.

GLOSARIO:

	SEÑAL DE ENTRADA
	SEÑAL DE SALIDA
	TELÉFONO
	CAJA EMISOR
	CAJA 2 RECEPTORES
	BALIZA ASFA PIE DE SEÑAL
	BALIZA ASFA PREVIA
	LAZO ASIMÉTRICO (para pasar de estación a trayecto o viceversa)
	LAZO SIMÉTRICO CORTO (para estaciones)
	LAZO SIMÉTRICO LARGO (para trayecto)
	LAZO EN DESVÍO
	JUNTA INDUCTIVA
	CAJA DE TERMINALES (cableado de señales)
	CAJA DE CONEXIÓN DE EMISORES
	CAJA DE CONEXIÓN DE RECEPTORES

ÍNDICE DE PLANOS

6.1. ESTACIÓN DE EMBAJADORES

6.1.1. CABLES DE SEÑALES.

6.1.2. CABLES DE CIRCUITOS DE VÍA

6.2. ESTACIÓN DE LAGUNA

6.2.1. CABLES DE SEÑALES.

6.2.2. CABLES DE CIRCUITOS DE VÍA

6.3. ESTACIÓN DE ALUCHE

6.3.1. CABLES DE SEÑALES.

6.3.2. CABLES DE CIRCUITOS DE VÍA

6.4. ESTACIÓN DE CUATRO VIENTOS

6.4.1. CABLES DE SEÑALES.

6.4.2. CABLES DE CIRCUITOS DE VÍA